MOLDENHAUER

DIE

AXENDREHUNG


FONDO PROVINCIA





DIE

AXENDREHUNG

DER

WELTKOERPER.



BEITRAG ZUR LÖSUNG EINER NATURWISSENSCHAFTLICHEN FRAGE

VON

E. F. THEODOR MOLDENHAUER.

> Wenn uns auch das Ganze unerreichbar ist, so bleibt doch die theilweise Lösung des Problems, das Streben nach dem Verstehen der Welterscheinungen der höchste und ewige Zweck aller Naturforschung.
>
> Kosmos I. S. 68.

BERLIN.
W. WEBER.

1872.

Vorbemerkung.

Gegenüber den grossartigen Fortschritten der Neuzeit auf naturwissenschaftlichem Gebiete ist die Frage nach den Gesetzen, auf Grund derer sich die in so mannigfacher Beziehung räthselhaften Rotationsperioden im Sonnensystem gestaltet haben, geradezu zu einer brennenden geworden.

Ob und inwieweit es mir gelungen ist, hier eine Lösung herbeizuführen, stelle ich natürlich dem Urtheile der Leser anheim. Wenn man von einer Theorie aber überhaupt verlangt, dass sie sich in der Praxis bewähre, so glaube ich, die Hoffnung hegen zu dürfen, dass die in dieser kleinen Schrift niedergelegte Theorie der Axendrehung, die übrigens durchaus nicht als etwas in sich Fertiges und für immer Abgeschlossenes aufgefasst sein will, eine nicht allzu ungünstige Aufnahme finden wird.

Sie sei hiermit allen Freunden einer vorurtheilsfreien Naturforschung, insbesondere den Freunden der Astronomie übergeben!

Berlin, Juli 1871.

E. F. Theodor Moldenhauer.



Einleitung.

Auch vom nicht rein wissenschaftlichen Standpunkte aus ist die Frage nach der Rotation oder Axendrehung der Weltkörper keine so ganz interesselose.

Wenn wir allein den Erdkörper in Betracht ziehen, so können wir nicht anders, als einzugestehen, dass das gesammte organische Leben auf ihm zu seiner die gleichmässige Vertheilung von Licht und Wärme vermittelnden Axendrehung in der innigsten Beziehung steht, dass die Natur der verschiedenen Organismen in ihrer gegenwärtigen Gestalt durch die Rotation der Erde geradezu bedingt wird. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass die jetzt bestehende Flora und Fauna wenigstens in ihren zu einer höheren Stufe der Entwickelung gediehenen Arten in einem Aufhören der Rotation oder einer bedeutenden Aenderung derselben, sei es bezüglich der Zeit oder der Art und Weise, wie sie sich vollzieht, ihren Untergang finden und einer vollständigen Neugeburt weichen müsste. Ebenso selbstverständlich ist, dass die auf andern Weltkörpern etwa vorhandenen organischen Gebilde, ganz abgesehen von der abweichenden physischen Beschaffenheit der Weltkörper, einen von den tellurischen Organismen durchaus verschiedenen Entwickelungsgang eingeschlagen haben müssen. Die noch nicht zehnstündige Umdrehungsperiode Jupiters, die 655stündige des Erdmondes, die wahrscheinlich fast wagerechte Axenlage des Uranus sind der Erdrotation gegenüber so grelle Gegensätze, dass es nur eines geringen Aufwandes von Phantasie bedarf, um die Unmöglichkeit der Existenz der unsern Planeten be-

wohnenden vollkommneren Organismen auf einem dieser Weltkörper ohne Weiteres ins Auge fallen zu lassen.

Wenn somit die Frage nach der Rotation der Weltkörper für den um sich blickenden Menschen überhaupt eine Frage von hohem allgemeinem Interesse ist, so gestaltet sie sich für den weiter denkenden Menschen geradezu zu einer Existenzfrage, wenn er die Möglichkeit erwägt, dass die Axendrehung der Erde vielleicht einmal in irgend einer Weise eine Aenderung erfahren könnte.

Freilich sind, soweit die Forschung in das Dunkel der Vergangenheit einzudringen vermocht hat, für die Erde keine wesentlichen Aenderungen in der Bewegung, keine merkliche Beschleunigung oder Verlangsamung constatirt. Wissenschaftlich festgestellte Schwankungen sind eben periodischer Natur und so geringfügig, dass sie dem Laienauge sich gänzlich entziehen. Alle Bewegungen vollziehen sich Jahr aus, Jahr ein in derselben gewohnten Weise. Aber bürgt das Fehlen eines Präcedenzfalles dafür, dass nicht dennoch einmal eine Störung des Gleichgewichtszustandes stattfinden kann? Offenbar nicht! Eine sichere Garantie für den Fortbestand des Ganzen wird hier einzig und allein nur gefunden werden können in der Erkenntniss, dass ewig gültige Naturgesetze es sind, welche die gegenwärtigen Bewegungserscheinungen hervorrufen und sie regeln.

Sind aber diese Naturgesetze nicht bereits hinlänglich bekannt?

In Bezug auf die Umlaufsbewegungen können wir nicht anders, als zugeben, dass dies durchaus der Fall ist. Die Revolutionsgesetze sind so genau erforscht, mit solcher Sicherheit festgestellt, dass, — um nur ein recht augenfälliges Beispiel anzuführen — aus den Störungen in der Uranusbahn der bis dahin unbekannte Planet Neptun errechnet und gefunden werden konnte.

Wir kennen die Naturkraft, welche die Umlaufsbewegungen regelt, das Gleichgewicht aufrecht erhält: die gegenseitige Anziehungskraft der Massen; wir kennen das Gesetz, nach welchem diese Anziehungskraft wirkt.

Die von Kepler auf empirischem Wege gefundenen, bekannten Umlaufsgesetze haben in Newton's analytischer Begründung durch das Gesetz der Attraction ihre vollkommenste Erklärung, ihre unwiderrufliche Bestätigung erhalten. Auf Grund dieser Gesetze muss eine Störung des Gleichgewichts der Bahnbewegungen innerhalb des Planetensystems als undenkbar erscheinen.

Wenn uns sonach in Bezug auf die Revolutionsgesetze nichts zu wünschen übrig bleibt, so stehen wir dagegen, insofern es sich um die Gesetze handelt, nach welchen die Rotationszeiten im Sonnensystem sich gestaltet haben, vor einer bis heute ungelöst gebliebenen Frage. Hier ist scheinbar jeder Zusammenhang ausgeschlossen. Die Nebenplaneten haben gar keine selbstständige Axendrehung; die Hauptplaneten dagegen rotiren mit so verschiedenartiger Geschwindigkeit, dass man bei nicht näherem Eingehen auf die Sache den blossen Versuch, hier eine Erklärung zu wagen, vorweg als abenteuerlich bezeichnen möchte. Sollte, hiernach zu urtheilen, die Rotationsgeschwindigkeit auf einem einmal stattgehabten, heute nicht mehr wirksamen Impulse irgend welcher Art beruhen und sich jetzt nur noch in Folge des Beharrungsvermögens fortsetzen, um einmal im Kampf mit der ewig thätigen Attraction zu erlahmen?

Diese zur Zeit, wie es scheint, allgemein verbreitete Annahme hat Manches für sich, so beispielsweise die annähernd unveränderliche Dauer des Sterntages, aber gegen sie spricht mehr!

Eine eingehende Untersuchung dieser Angelegenheit ist es, welche im Folgenden beabsichtigt wird.

Um hier zu einem in jeder Beziehung befriedigenden Resultate zu gelangen, giebt es nur einen Weg: die durchaus objective Auffassung verbürgter Thatsachen in Verbindung mit der Anwendung der wissenschaftlich begründeten und als unumstösslich erkannten Naturgesetze. Wenn wir diesen Grundsatz befolgen, wenn wir jede subjective Anschauung, jede vorgefasste und vielleicht liebgewordene Meinung von vornherein

bei Seite setzen, dann — wird sich zeigen, dass ein Versuch in dieser Beziehung keineswegs so fruchtlos ausfällt, wie auf den ersten Blick scheinen möchte. Die Zusammenhangslosigkeit der Rotationsperioden ist eine nur scheinbare. Wie bei den Umlaufszeiten, so lässt sich auch hier eine aus der andern berechnen, denn ihnen liegt ein ebenso einfaches Gesetz zu Grunde, wie — um mit Humboldt zu reden — das schöne Gesetz, welches die Quadrate der Umlaufszeiten an die Kuben der Entfernungen bindet. Allerdings liegt das Rotationsgesetz nicht so offen zu Tage, weil die Bedingungen, unter welchen es seine Gültigkeit hat, zahlreicher sind, als es bei dem Kepler'schen Gesetze der Fall ist, aber die Einflüsse, welche das an sich einfache Gesetz modificiren, sind nachweisbar und — berechenbar.

Thatsachen.

Alle Planeten bewegen sich um einen gemeinsamen Centralkörper, die *Sonne*. Die Bewegung vollzieht sich bei allen in einer und derselben — westöstlichen — Richtung und heisst die *Umlaufsbewegung* oder *Revolution*. Ausser dieser Bewegung aber haben die Planeten noch eine andere: sie drehen sich in einer durchweg sehr viel kürzeren Zeit um ihre Axe, sie *rotiren*. Auch diese Bewegung vollzieht sich in gleicher Richtung; sie entspricht genau der Bahnbewegung, d. h. der dem Centralkörper fernste Punkt an der Oberfläche des rotirenden Planeten folgt der Umlaufsrichtung. Derselben Richtung, in welcher die Axendrehung der Planeten vor sich geht, folgen die Umläufe, welche die Nebenplaneten oder Monde um ihren Hauptplaneten ausführen. Auch diese Weltkörper haben eine Axendrehung, wenngleich dieselbe sehr wesentlich von derjenigen der Planeten abweicht. Die Zeit ihrer Axendrehung fällt mit ihrer Umlaufszeit zusammen und sie wenden ihrem Centralkörper immer dieselbe Seite ihrer Oberfläche zu.

Unsere Erde ist ein Planet und zwar der dritte in der Reihenfolge von der Sonne aus gerechnet. Sie vollführt ihren Umlauf in 365 Tagen 5 Stunden 48 Minuten 45 Sekunden. Ihre Rotationsdauer, die *siderische*, d. h. die Zeit, welche zwischen zwei auf einander folgenden Culminationen eines Eixsterns, nicht der Sonne, verfliesst, beträgt 23 Stunden 56 Minuten 4,091 Sekunden. Dass die Erde diese Bewegungen *thatsächlich* ausführt, ist durch eine Menge von durchaus unanfechtbaren, positiven Beweisen constatirt. Verfasser glaubt, dieselben als hinreichend bekannt hier voraussetzen zu können.

Die Umlaufsbewegung der übrigen Planeten sehen wir sich vollziehen, ebenso ihre Axendrehung, wenngleich die Beobachtung der letzteren nur unter Zuhülfenahme der besten Instrumente und auch dann nur bei den näheren und grösseren dieser Weltkörper möglich ist.

Mit vollkommener Sicherheit sind festgestellt die Rotationsperioden von Mars, Jupiter und Saturn. Die Beobachtung von helleren und dunkleren Stellen auf ihrer Oberfläche ergiebt für Mars eine Umdrehungszeit von $24^{h}37'22{,}62''$, für Jupiter $9^{h}55'28{,}7''$, für Saturn $10^{h}29{,}17''$.

Weniger sicher ist die Rotationsperiode der Venus nachgewiesen. Obschon Venus unter allen Planeten der Erde am nächsten kommt und ihre Grösse fast diejenige der Erde erreicht, so ist doch die sehr beträchtliche Intensität ihres Glanzes ein sehr wesentliches Hinderniss bei einer an sich schon schwierigen Beobachtung. Die verschiedenen Versuche, ihre Rotationszeit zu bestimmen, ergaben als wahrscheinlichen Werth derselben $23^{h}21'21{,}93''$.

Noch misslicher bezüglich dieser Angelegenheit steht es mit Merkur. Sein Glanz übertrifft an Intensität relativ den der Venus, seine Entfernung von uns ist grösser, sein Durchmesser geringer. Dazu kommt noch seine grosse Sonnennähe, welche die Beobachtungen sehr erschwert. Die Gestaltsveränderungen der Merkurssichel, namentlich eine wiederkehrende Abstumpfung des südlichen Horns, führten Schröter auf eine Rotationsperiode von $24^{h}5'$. Berücksichtigen wir die überaus grosse Schwierigkeit, welche sich derartigen Beobachtungen entgegenstellt, so können wir nicht anders, als die Annahme des so erhaltenen Resultats mindestens als sehr gewagt zu bezeichnen. Wir werden später finden, dass eine Umdrehungszeit Merkurs von $24^{h}5'$ nicht nur durchaus unwahrscheinlich, sondern geradezu unmöglich sein dürfte, wenngleich die gemachten Wahrnehmungen bezüglich des wiederkehrenden abgestumpften Hornes ihre hohe Berechtigung haben können.

Bei den noch übrigen Planeten unseres Sonnensystems, den Asteroiden, dem Uranus, dem Neptun, ist eine Feststellung

der Zeit ihrer Axendrehung bisher in keiner Weise zu ermöglichen gewesen.

Was die Nebenplaneten, deren mit Sicherheit bis jetzt 18 erkannt sind, betrifft, so ergiebt für unsern Mond schon eine Beobachtung ohne irgendwelche optischen Instrumente das Zusammenfallen seiner Axendrehung mit dem Umlaufe um die Erde. Beide Bewegungen vollziehen sich in $27^{d}7^{h}43'4,7''$ (siderisch).

Bei der beträchtlichen Entfernung der Monde Jupiters, Saturns u. s. w. von uns, sowie der Geringfügigkbit ihrer Durchmesser, ist ein genaueres Studium ihrer Oberflächen und damit die Feststellung ihrer Rotationsdauer nicht mehr möglich, aber ein Umstand anderer Art ergiebt auch für diese Weltkörper als durchaus wahrscheinlich das Zusammenfallen von Revolution und Rotation. Die 4 Jupitermonde z. B. zeigen nicht immer die gleiche Helligkeit, der achte Saturnmond verschwindet zeitweise für nicht sehr lichtstarke Fernröhre ganz. Diese Helligkeitswechsel aber treten immer an einer bestimmten Stelle der Bahn dieser Weltkörper ein und kehren regelmässig wieder. Resultiren die Helligkeitsunterschiede aus einer ungleichen Reflexionsfähigkeit verschiedener Theile der Oberflächen, was durchaus wahrscheinlich ist — bei unserm Monde und bei mehreren der Hauptplaneten, die Erde nicht ausgenommen, ist die ungleiche Reflexionsfähigkeit ja constatirt — so führt dieser Umstand nothwendig zu dem Schlusse, dass auch diese Monde ihrem Planeten immer die nämliche Seite zuwenden.

Es bleibt uns nun noch der Centralkörper des Sonnensystems, der Träger des Ganzen, die **Sonne** übrig. Auch sie hat eine Rotationsbewegung. Die zuweilen schon mit blossem Auge sichtbaren dunkeln Flecken auf ihrer Oberfläche bewegen sich in der Richtung von Ost nach West über die Sonnenscheibe, verschwinden und kehren nach Ablauf von etwa dreizehn Tagen auf der entgegengesetzten Seite wieder. Damit ist die Axendrehung der Sonne erwiesen, doch hat die genaue Feststellung ihrer Rotationszeit sehr bedeutende Schwierigkeiten, weil die

Flecken an und für sich veränderlich sind und ausserdem auch eine Eigenbewegung zeigen. Aus Spörer's Beobachtungen ergiebt sich die siderische Umdrehungsperiode der Sonne zu 25 Tagen $5^h 38'$.

Zur bequemen Vergleichung der Rotationsverhältnisse mit den Abständen, Grössen u. s. w. möge die Tabelle auf folgender Seite dienen.

	Abstand. (Erde = 1).	Durchmesser. (Meilen).	Masse. (Sonne = 1).	Neigung der Axe.	Rotationszeit. (Minuten).	Rotationsgeschwindigkeit (Erde = 1).
Sonne	—	185200	1	?	36338	4,258
Merkur	0,387	644	$\frac{1}{4343000}$	?	?	?
Venus	0,723	1652	$\frac{1}{412150}$	?	1401	0,985
Erde	1,000	1719	$\frac{1}{319500}$	66°32′	1436	1,000
Mars	1,524	918	$\frac{1}{2948110}$	61°18′	1477	0,519
Ceres	2,766	46	?	?	?	?
Clio	2,362	4	?	?	?	?
Jupiter	5,203	19458	$\frac{1}{1048}$	86°54′	595	26,762
Saturn	9,539	15680	$\frac{1}{3501}$	63°11′	630	20,825
Uranus	19,183	7900	$\frac{1}{20600}$	?	?	?
Neptun	30,070	8100	$\frac{1}{21000}$	?	?	?

Theorie.

Die gemeinsame Richtung, in welcher Planeten und Nebenplaneten sich um ihre Centralkörper bewegen, hat zu der Erkenntniss geführt, dass das Sonnensystem ein einheitliches Ganzes ist, dass die Monde abgelöste Theile der Planeten, die letzteren Theile des Sonnenkörpers sind, dass die Rotationsbewegung der grossen geballten Masse, als deren Kern wir die Sonne anzusehen haben, die Ursache der Umlaufsbewegung der Planeten und die Rotation der letzteren die Veranlassung der Trabantenumläufe ist.

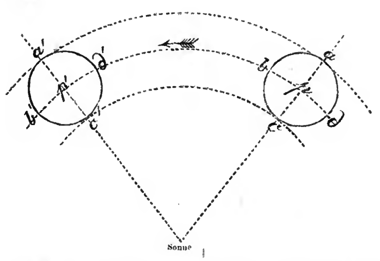
Um die gesammten Bewegungserscheinungen auf die eine ursprüngliche, die rotirende des Sonnenballes zurückzuführen, bleibt nur eine Lücke auszufüllen: es ist der Nachweis zu führen, dass die Rotationen der Planeten aus ihren Umlaufsbewegungen resultiren.

Dass Letzteres der Fall sein wird, lässt sich um so weniger bezweifeln, als auch die Richtung der Rotationsbewegung überall der der Revolution entspricht. Die Wahrscheinlichkeit dieser Annahme kann aber nur zur Gewissheit erhoben werden, wenn sich nachweisen lässt, dass für einen umlaufenden Körper die absolute Nothwendigkeit einer Axendrehung vorliegt. Dem Anschein nach ist diese Nothwendigkeit nicht vorhanden, denn die Monde haben eben keine selbstständige Rotation, obschon sie einen Umlauf ausführen. Mit der Annahme einer solchen Naturwendigkeit aber stellen sich andere Inconsequenzen heraus. Wäre die Revolution die Veranlassung der Rotation, so

müsste sich, wie die Physik lehrt, die letztere fortwährend beschleunigen, denn die Kraft, welche sie hervorruft, ist eine perpetuirlich fortwirkende. Nun ist aber eine Beschleunigung in der Drehung der Erde innerhalb der letztverflossenen 2000 Jahre nicht nur nicht nachgewiesen, sondern man vermuthet im Gegentheil eine, wenngleich sehr geringfügige, Verlangsamung derselben.

Diese Widersprüche und die scheinbare Zusammenhangslosigkeit der Rotationen sind die Ursachen, weshalb wir in Bezug auf die Gesetze, nach welcher die Rotationsperioden im Sonnensystem sich gestaltet haben, bis heute vor einer offenen Frage gestanden haben.

Der Versuch, die Axendrehung der Weltkörper aus ihrer Umlaufsbewegung herzuleiten, ist oft gemacht worden, aber er ist bisher nur unvollständig gelungen. Man hat geltend gemacht, dass die Bahngeschwindigkeit der verschiedenen Theile eines Planeten eine verschiedene ist. Dies ist unzweifelhaft richtig.



Möge a b c d als der in der Bahnebene liegende Aequator des Planeten p gedacht werden. Die Bewegung des letzteren vollzieht sich in der Richtung nach p′. Da die Bahn eine Kurve

ist, so hat der Punkt a, um in derselben Zeit nach a' zu gelangen, in welcher c den Weg nach c' zurücklegt, offenbar eine grössere Strecke zu beschreiben, als c, folglich ist seine Geschwindigkeit eine grössere. Zufolge dieser grösseren Geschwindigkeit soll nun a das Bestreben haben, dem Punkte c voranzueilen und sich so die Axendrehung vollziehen. Dies trifft nicht zu! Die verschiedene Geschwindigkeit ist nicht grösser und nicht geringer, als gerade ausreichend ist, um a nach a' und c nach c' zu führen. Allerdings vollzieht sich auch hiedurch eine Axendrehung: die mit der Umlaufszeit zusammenfallende der Nebenplaneten, aber nicht die selbstständige der Hauptplaneten.

Für die Erklärung der letzteren reicht also die Annahme der Bahnbewegung als alleinige Ursache der Rotation nicht aus.

Warum rotirt das Rad am Wagen? Offenbar nicht blos in Folge der Fortbewegung allein! Die Fortbewegung ist die eine Ursache der Rotation, die andere ist die Berührung mit dem Erdboden, die Reibung — eine **Hemmung**. Kann diese Hemmung für den seinen Centralkörper umkreisenden Planeten nachgewiesen werden? Gewiss ist, dass er auf keiner materiellen Unterlage fortrollt. Dennoch existirt die Hemmung und äussert sich sogar in recht augenfälliger Weise.

Der Planet ist der Anziehung der Sonne ausgesetzt. Die Attraction nimmt ab mit dem Quadrat der Entfernung. Punkt c liegt der Sonne um den Durchmesser des Planeten näher als a, folglich erleidet er eine stärkere Anziehung als a. Es kann nicht der geringste Zweifel obwalten, dass diese stärkere Anziehung gleichbedeutend ist mit einer Hemmung. Wird c aber aufgehalten in der ihm zukommenden Fortbewegung, bleibt er also zurück, so kann a nicht anders, als ihm voraneilen, d. h. eine Rotationsbewegung ausführen.

Das hier Gesagte dürfte sich leicht an einem ohne Schwierigkeit zu construirenden Apparate versinnlichen lassen.

Man denke sich ein horizontales eisernes Schwungrad, welches unter möglichst geringer Reibung um eine senkrechte Axe drehbar ist und durch einen Mechanismus dergestalt in Bewegung

gesetzt werden kann, dass das Rad selbst einen ununterbrochenen, gleichfalls horizontalen Kreislauf vollführt. Das Rad wird in diesem Falle keinesweges eine der Umlaufsbewegung entsprechende, selbstständige Axendrehung ausführen, sondern vielleicht eine durch den Widerstand der Luft veranlasste Rotation in entgegengesetzter Richtung beginnen. Nun denke man sich aber innerhalb der Kreisbahn einen horizontal liegenden Magnetstab von entsprechender Stärke angebracht, so dass, wenn wir uns unter a b c d in obiger Figur das Schwungrad denken, der Punkt c während des Umlaufs in geringer Entfernung an den beiden Polen des Magnets vorübergeführt wird, wo er dann jedesmal einer Anziehung ausgesetzt ist. Dass diese Anziehung gleichbedeutend ist mit einer Verzögerung in seiner Bahnbewegung, ist so sehr selbstverständlich, dass es eines Weiteren hierüber nicht bedarf. Der ihm gegenüberliegende Punkt a ist der Anziehung in weit geringerem Maasse ausgesetzt. Er muss jetzt dem zurückbleibenden Punkte c voraneilen, d. h. einen Umlauf um das Centrum des Rades ausführen, eine Rotation also bewerkstelligen, welche der Bahnbewegung in derselben Weise entspricht, wie die Axendrehung der Planeten dem Umlauf um die Sonne.

Nichts hindert uns, statt des einen Magnets deren mehr, deren unendlich viele zu denken. Die Wirkung wird dann nur um so augenfälliger sich zeigen. Die Sonne aber ist für den umlaufenden Planeten ein nach allen Richtungen hin wirkender Magnet. Ihr Einfluss auf die ihr gegenüberliegende Seite des Planeten besteht in einer in unendlich kleinen Zwischenräumen wiederholten Verzögerung in der Bahnbewegung, deren unausbleibliche Folge eben die Rotation des Planeten ist.

In wie handgreiflicher Weise die hier geschilderte Hemmung thatsächlich zum Ausdruck gelangt, darüber möge noch folgende Andeutung Platz finden.

Wäre das Schwungrad ein biegsamer Reifen oder auch eine lockere Masse, welche der Anziehung des Magnets nachgeben könnte, so würde sich letzterem gegenüber an dem Rade eine Anschwellung bilden, es würde eine Verzerrung des Rades ein-

treten. Die Massen an der Oberfläche unseres Planeten sind zum Theil von einer solchen Beschaffenheit. Der Zusammenhang der Wassertheilchen z. B. ist derart, dass die Wassermasse der Anziehungskraft der Sonne nachgeben kann. Es bildet sich eine Anschwellung: die Fluthwelle. Dieselbe — wir sehen von der negativen Fluthwelle hier ab — ist einem Hemmschuh nicht unähnlich, unter welchem der rotirende Erdball sich hindurchzuwälzen hat. Auf keinen Fall indessen wird die Fluthwelle selbst als eigentliche Hemmungsursache angesehen werden können. Diese ist die Anziehung, welche sich auf die festen Theile des Planeten ohne allen Zweifel ebenso stark äussert, wie auf die flüssigen. Die Fluthwelle ist eine Folge der Anziehung, sie ist der zu Tage tretende Ausdruck der Hemmung. Wenn wir also im Folgenden noch öfter auf die Fluthwelle zurückkommen sollten, so möge sie nur als veranschaulichendes Bild aufgefasst werden.

Ist die Axendrehung, wie wir es nachzuweisen versucht haben, eine Uebertragung der Umlaufsbewegung, also nicht die Wirkung eines einmaligen, sondern eines in unendlich kleinen Zwischenräumen immer von Neuem wiederholten, perpetuirlichen Anstosses, so fragen wir uns: Warum ist die Rotation eine gleichförmige und keine sich beschleunigende Bewegung? Nach dem Gesetz der Beharrung muss der einmal in Bewegung gesetzte Körper mit der erlangten Geschwindigkeit weiter rotiren. Nun erhält er aber in jedem Augenblicke einen neuen Anstoss, also einen Zuwachs zu der schon vorhandenen Geschwindigkeit und so könnte es scheinen, als ob er zuletzt zu einer unabsehbar schnellen Drehung gelangen müsste. Dies würde ohne jede Frage geschehen, wenn — der Zuwachs dauernd in gleicher Stärke erfolgte. Letzteres ist aber nicht der Fall. Der Zuwachs vermindert sich mit der zunehmenden Rotationsgeschwindigkeit, denn der bereits in Bewegung gesetzte Körper flieht vor dem Stosse. Empfängt er die ersten Stösse in ihrer vollen Kraft, so muss die Wirkung der nachfolgenden naturgemäss immer geringer werden, bis zuletzt der Zuwachs nur noch

einen unendlich kleinen Werth repräsentirt und — eine Geschwindigkeitszunahme nicht mehr stattfindet.

Auch ohne irgend eine Hemmung würde also die Rotationsgeschwindigkeit eine begrenzte sein und in eine gleichförmige übergehen müssen.

Denken wir uns jetzt eine äusserst geringe Hemmung! In Folge des fortdauernden Zuwachses wird die Rotationsgeschwindigkeit eine sehr beträchtliche werden, sie wird jedenfalls die Bahngeschwindigkeit übertreffen (Saturn — Sonne?). Wo tritt hier das Maximum der Geschwindigkeit ein? Offenbar, wenn der sich nach und nach verringernde Zuwachs auf den Stärkegrad der Hemmung herabgesunken, wenn zwischen beiden das Gleichgewicht hergestellt ist.

Es leuchtet ein, dass bei einer stärker gedachten Hemmung ein Gleichgewichtszustand ebenfalls, nur früher eintreten, in jedem Falle aber die sich anfangs beschleunigende Rotation eine gleichförmige werden muss. Für die Richtigkeit dieser Behauptung liefert das Beispiel einer von der Kraft des Dampfes fortbewegten, durch ihre Schwere gehemmten und zu gleichförmigem Laufe gelangenden Locomotive den augenscheinlichsten Beweis.

Es kann nun noch als möglich gedacht werden, dass die Hemmkraft der die Bewegung erzeugenden Kraft gleich oder gar ihr überlegen ist. In beiden Fällen ist eine Rotation, d. h. eine selbstständige, nicht möglich; der revoltirende Körper ist gezwungen, seinem Centralkörper immer die nämliche Seite zuzuwenden (Nebenplaneten). Die Annahme einer vielleicht möglichen, retrograden Rotation fällt von selbst, wenn wir bedenken, dass die Hemmung nicht der Rotations- resp. Umlaufsbewegung entgegen, sondern senkrecht auf sie wirkt.

Schreiten wir jetzt zu der näheren Feststellung der Beziehungen zwischen Rotationszeit einerseits und Bahngeschwindigkeit und Hemmung andererseits.

Was zunächst die Bahngeschwindigkeit betrifft, so ist klar, dass, wenn die Rotationsbewegung eine directe Uebertragung der Bahnbewegung ist, die Rotationszeit von ihr abhängig sein

muss. Je grösser die Geschwindigkeit, desto kürzer die Umdrehungsperiode. Bezeichnen wir die ungleiche Geschwindigkeit zweier gleich grosser Planeten (P und p) mit G und g, ihre Rotationszeit mit T und t, so wäre

$$t : T = G : g.$$

Aber die Bahngeschwindigkeit hat eine Hemmung zu überwinden und nach den Gesetzen der Physik wächst die lebendige Kraft mit dem Quadrat der Geschwindigkeit. Nehmen wir für beide Planeten eine gleich starke Hemmung an, so verhalten sich also ihre Rotationszeiten umgekehrt wie die Quadrate der Geschwindigkeiten:

$$t : T = G^2 : g^2.$$

Wie verhalten sich aber die Rotationszeiten zur Hemmung?

Sind die Planeten von gleicher Grösse und besitzen sie eine gleiche Bahngeschwindigkeit, so ist klar, dass ihre Rotationsdauer länger sein muss, je grösser die Hemmung ist. Rotirt P in 4 Stunden und p in 2 Stunden, und ist die ungleiche Hemmung die alleinige Ursache der verschiedenen Rotationsgeschwindigkeit, so ist eben der Hemmungseinfluss auf P ein grösserer, als derjenige auf p. Ist die Hemmungsstärke bei der 4stündigen Rotation = 1, so ist sie bei der 2stündigen, wie ohne Weiteres einleuchtet, nicht $^1/_2$, sondern $^1/_4$, d. h. die Quadrate der Rotationszeiten verhalten sich wie die Hemmungswerthe. Bezeichnen wir letztere mit A und a, so ist

$$t^2 : T^2 = a : A.$$

Multipliciren wir beide Gleichungen in einander, so erhalten wir

$$t^3 : T^3 = a\,G^2 : A\,g^2.$$

Wir sind hierbei von der Voraussetzung einer gleichen Grösse der beiden rotirenden Planeten ausgegangen. Nun sind die Durchmesser derselben verschieden; nach dem Durchmesser aber richtet sich der Umfang, und letzterer ist der Weg, welchen der Punkt a z. B. während einer einmaligen Umdrehung

zurückzulegen hat. Je grösser der Umfang ist, desto grösser also die Zeit der Axendrehung. Bezeichnen wir die Halbmesser der beiden Planeten mit R und r, und nehmen wir diese Werthe in die vorstehende Formel auf, so ergiebt sich:

$$\frac{t^3}{T^3} = \frac{a\,G^2\,r}{A\,g^2\,R}.$$

Aber auch die Massen der Planeten können nicht unberücksichtigt bleiben und es fragt sich nur, in wie weit sie überhaupt die Rotation beeinflussen können.

Zwei in Bewegung gesetzte Kreisel drehen sich so lange, bis der Widerstand der Luft und die Reibung auf der Fläche der Unterlage sie zum Stillstande zwingen. Sind sie von gleicher Grösse, gleicher Masse, sind die bewegende Kraft und die Hemmung von gleicher Stärke, so werden sie sich gleich lange drehen. Wenn aber bei sonst gleichen Verhältnissen die Massen verschieden sind, wenn der eine von leichtem Holz, der andere von Metall ist, wie dann? Offenbar wird der letztere durch sein Massenübergewicht eine grössere Schwungkraft entwickeln und durch sie der Hemmung einen um so energischeren Widerstand entgegensetzen. Je grösser also die Masse ist, desto grösser ist die Schwungkraft gegenüber der Hemmung und desto kürzer die Rotationsdauer. Die vorstehende Formel ist somit zu vervollständigen durch die Massenwerthe (M und m) der rotirenden Planeten:

$$\frac{t^3}{T^3} = \frac{a\,G^2\,r\,M}{A\,g^2\,R\,m}.$$

Wenn diese Formel richtig ist*), so müssen sich aus ihr die Rotationszeiten bestimmen lassen. Bevor wir indess hierfür den Beweis antreten können, ist es nothwendig, die nicht direkt bekannten Werthe der Bahngeschwindigkeit und namentlich der Hemmung festzustellen.

Wenn wir unter Bahngeschwindigkeit die Strecke verstehen, welche der Körper innerhalb eines gewissen Zeitraumes zurück-

*) Siehe Anhang.

legt, so ist dieselbe unschwer zu berechnen, sobald wir die Entfernung vom Centralkörper und die Umlaufszeit kennen. Die Anwendung des bekannten Kepler'schen Gesetzes aber setzt uns in den Stand, die relativen Geschwindigkeitswerthe direkt durch Distanzwerthe auszudrücken: die Geschwindigkeiten verhalten sich umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus den Entfernungen. Bezeichnen wir letztere mit D und d, so ist $G = \sqrt{d}$ und $g = \sqrt{D}$, also $G^2 = d$ und $g^2 = D$. Diese Werthe in die Formel eingesetzt, giebt

$$\frac{t^3}{T^3} = \frac{a\,d\,r\,M}{A\,D\,R\,m}.$$

Bezüglich der Bahngeschwindigkeit ist nun aber noch eine sehr wichtige Frage zu erörtern: Welchen Einfluss hat eine etwaige schiefe Lage der Rotationsaxe auf die Uebertragung der Bahnbewegung?

Nach den Gesetzen des Gleichgewichts kann ein Sphäroid nur um die kurze Axe rotiren. Steht diese senkrecht zur Bahnebene, beträgt also der Neigungswinkel 90°, so ist es keine Frage, dass sich die volle Bahngeschwindigkeit auf den Körper übertragen muss. Steht die Axe aber schief, beträgt der Neigungswinkel etwa 45°, so wird das nicht mehr möglich sein, denn die Bahnbewegung wird das Bestreben haben, den Körper um eine senkrechte Axe zu drehen. Da er aber nur um die kurze Axe rotiren kann, so ist klar, dass das Bestreben, ihn um die senkrechte zu drehen, einen Theil der bewegenden Kraft absorbiren muss. Liegt endlich die kurze Axe genau in der Bahnebene, ist der Neigungswinkel = 0°, so kann eine Rotation um dieselbe sich überhaupt gar nicht vollziehen, der Körper wird in der That anfangen, sich um eine senkrechte Axe zu drehen. Da er aber dadurch in Conflikt mit den Gesetzen des Gleichgewichts kommt, so wird er ins Schwanken gerathen, die kurze Axe wird sich gegen die Bahnebene neigen und dann den Körper zwingen, sich um sie zu drehen. Eine genau wagerechte Axe kann also bei einem rotirenden Weltkörper nur vorübergehend möglich sein.

Ist bei einer senkrechten Axe die übertragene Bahngeschwindigkeit vollständig, d. h. = 1, bei der wagerechten aber Null, so sehen wir ohne Weiteres, dass sie sich nach dem Sinus des Neigungswinkels (Cosinus des Abweichungswinkels) berechnet.

Bezeichnen wir die Neigungswinkel mit J und i, so sind die zur Geltung kommenden Geschwindigkeitswerthe: G sin J und g sin i. Nehmen wir diese in die Formel auf, so erhalten wir

$$\frac{t^3}{T^3} = \frac{a\,(G \sin J)^2\, r\, M}{A\,(g \sin i)^2\, R\, m}.$$

oder:

$$\frac{t^3}{T^3} = \frac{a\, G^2 \sin J^2\, r\, M}{A\, g^2 \sin i^2\, R\, m}.$$

oder:

$$\frac{t^3}{T^3} = \frac{a\, d \sin J^2\, r\, M}{A\, D \sin i^2\, R\, m}.$$

Nachdem wir so die Werthe der Bahngeschwindigkeit festgestellt haben, bleibt uns noch übrig, die Hemmungswerthe einer genauen Erörterung zu unterziehen.

Die Bahngeschwindigkeit eines Planeten ist das Werk der Attraction seitens des Centralkörpers. Von der Hemmung gilt genau dasselbe. Erstere berechnet sich umgekehrt nach der Quadratwurzel der Distanz, wie aber die Hemmung? Sind Bahngeschwindigkeit und Hemmung an einem Weltkörper das Werk einer gleichen Anziehung und kennen wir das Verhältniss der Bahngeschwindigkeit zur Anziehung, so ist damit auch das Verhältniss der Hemmung zur Attraction resp. zur Bahngeschwindigkeit gegeben.

Bezeichnen wir die Hemmungswerthe mit A und a, und die Attraction, welche beide Erscheinungen hervorruft, mit A′ und a′, so wäre

$$a : A = \frac{a'}{g} : \frac{A'}{G}.$$

Aber wie die Bahnbewegung eben eine **Bewegung** ist, so muss auch die durch die Attraction hervorgerufene Hemmung als eine solche auf den anziehenden Körper gerichtete Bewegung aufgefasst werden, denn die durch die Axendrehung an dem Centralkörper vorübergeführten Theile des Planeten haben das Bestreben, sich ihm zu nähern. Sie vollführen die angestrebte Bewegung wirklich, wenn ihr Zusammenhang der Art ist, dass er sie gestattet (Fluthwellen). Beide Bewegungen bekämpfen einander, die eine sucht die andere zu überwinden. Da die Kraft wächst mit dem Quadrat der Geschwindigkeit, so haben wir also zu setzen:

$$a : A = \frac{a'^2}{g^2} : \frac{A'^2}{G^2}.$$

Nun wissen wir, dass die Attraction sich berechnet umgekehrt nach dem Quadrat der Entfernung und die Bahngeschwindigkeit umgekehrt nach der Quadratwurzel der Entfernung. Vertauschen wir die obigen Werthe mit diesen Distanzwerthen, so erhalten wir:

$$a : A = \frac{(D^2)^2}{(\sqrt{D})^2} : \frac{(d^2)^2}{(\sqrt{d})^2} = D^3 : d^3.$$

Sonach verhalten sich die Hemmungswerthe umgekehrt wie die Kuben der Entfernungen, wie sich ja auch bekanntlich die Stärke der Fluthwellen nach diesem Grundsatze berechnet.

Wenn wir bei dieser Gelegenheit nochmals auf das Beispiel eines einen Magnetstab umkreisenden Schwungrades zurückkommen wollen, so finden wir hier die gleiche Erscheinung. Auch hier berechnet sich die Totalwirkung des Magnets umgekehrt nach dem **Kubus** des Abstandes der Mitte des Magnets vom Umfange des Rades, während der Effekt der einzelnen Pole dem **Quadrat** der Distanz proportional ist, was sich aus dem störenden Einfluss des rückwärts in derselben Ebene liegenden und entgegengesetzt wirkenden Poles erklärt.

Setzen wir die so erhaltenen Hemmungswerthe für die obigen ein, so ergiebt sich:

$$\frac{t^3}{T^3} = \frac{D^3 \, d \sin J^2 \, r \, M}{d^3 \, D \sin i^2 \, R \, m},$$

oder:

$$\frac{t^3}{T^3} = \frac{D^2 \sin J^2 \, r \, M}{d^2 \sin i^2 \, R \, m}.$$

Fassen wir hierbei einzig und allein ins Auge, was von der Gestaltung der Rotationszeiten auf Rechnung des gemeinschaftlichen Centralkörpers kommt, so erhalten wir ein ähnliches, einfaches Gesetz, wie das Kepler'sche für die Umlaufszeiten: **Es verhalten sich die Kuben der Rotationszeiten umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen.**

So wären denn die Umdrehungsperioden unschwer zu berechnen. Aber da die Attraction eine allen Körpern innewohnende Kraft ist, so ist leicht einzusehen, dass nicht nur der gemeinsame Centralkörper, sondern auch sämmtliche benachbarten Weltkörper, namentlich die Monde, einen Einfluss auf die Rotation ausüben werden.

Zufolge der Gegenseitigkeit in der Anziehung zwingt nicht nur die Erde z. B. den Mond zu einem Umlaufe, sondern auch der Mond ist für die Erde die Veranlassung eines Umlaufs um einen Schwerpunkt, welcher freilich noch innerhalb des Erdumfanges liegt. Auch dieser Umlauf vollzieht sich in der allgemeinen Bewegungsrichtung und kann also nur fördernd auf die Erdrotation einwirken. Wenn diese Art der Beeinflussung der letzteren auch als zu geringfügig ausser Acht gelassen werden kann, so leuchtet doch ein, dass die Hemmung, welche der Mond auf die Erde ausübt, von beträchtlicher Stärke sein muss, denn sie berechnet sich eben umgekehrt nach dem Kubus der Entfernung.

Auch die benachbarten Planeten, ja selbst die Fixsternmasse, welche die Bahnbewegung der Sonne und ihre Rotation

veranlasst, würden als anziehende Körper in Rechnung gezogen werden müssen, aber der gesammte Einfluss der ersteren auf die Erde dürfte sich im günstigsten Falle, wenn wir die von der Sonne auf die Erde bewirkte Hemmung = 1 setzen, auf noch nicht 2 Zehntausendstel belaufen, der Einfluss der Fixsternmasse ist aber wahrscheinlich noch geringer. Wir werden also vorläufig nur den Centralkörper der Planeten und die ihnen angehörenden Monde berücksichtigen.

Bezüglich der Hemmung sind nun aber noch einige andere Punkte in Erwägung zu ziehen, so namentlich die Umläufe der Trabanten und die Neigung der Bahnen gegen den Aequator des rotirenden Planeten. Wenn wir uns die von den Trabanten hervorgerufene Fluthwelle als Hemmungsursache denken, so ist klar, dass die in der Richtung der Rotation in Folge des Mondumlaufes stattfindende Mitbewegung der Fluthwelle einen Theil ihrer vollen Wirkung aufheben muss. Fiele die Umlaufszeit des Trabanten mit der Rotationszeit des Planeten zusammen, so würde offenbar die Hemmung Null sein. Wäre die Umlaufszeit 2 Stunden, die Rotationszeit 1 Stunde, so würde der Hemmungswerth sich auf die Hälfte reduciren. Ist allgemein die Umlaufszeit t' und die Rotationszeit t, so ist die zur Geltung kommende Hemmung $a \cdot \frac{t'-t}{t'}$.

Wir haben uns die Hemmung bisher stillschweigend als in der Aequatorebene des Planeten wirksam gedacht. Nnn bewegt die von der Sonne hervorgerufene Fluthwelle sich nur zur Zeit der Aequinoctien im Aequator — von ihrer räumlichen Ausdehnung natürlich abgesehen; zur Zeit der Solstitien folgt sie den Wendekreisen, sie beschreibt also eine Schraubenlinie um die Erde. Dass aber auf den Wendekreisen die Hemmung nicht in derselben Stärke wirksam sein kann wie in der Aequatorebene, wird klar, wenn man sich die Fluthwelle in einem der beiden Pole denkt, wo offenbar die Hemmung Null sein würde. Die Hemmungsstärke ist also eine periodisch zu- und abnehmende. Die Periode umfasst auf der Erde Seitens der Sonne ein halbes Jahr, die des Mondes einen halben Monat. Auch hier also ist

die Neigung der Axe des rotirenden Planeten gegen seine eigene Bahn wie gegen die Bahn der Trabanten zu berücksichtigen. Wenn wir so die Hemmung nach dem Sinus des Neigungswinkels der Axe berechnen, so erhalten wir, da die Hemmungsstärke eben eine periodisch wechselnde ist, das Minimum und wir haben demnach aus der Maximalstärke und der Minimalstärke den Mittelwerth zu ziehen.

Dass ferner bei Berechnung der Hemmung die Massen der anziehenden Körper zu berücksichtigen sind, ist selbstverständlich. Bezüglich der Distanzen aber möge noch Folgendes angedeutet werden. Der Sitz der Anziehungskraft wird als im Centrum des betreffenden Körpers gedacht werden müssen; als Ort, wo die Attraction sich in ihrer maassgebenden Stärke wirksam zeigt, ist dagegen nicht das Centrum des rotirenden Planeten, sondern dessen dem anziehenden Körper zunächst liegender Punkt der Oberfläche anzusehen. Bei der grossen Entfernung der Planeten von der Sonne wird in Anbetracht der verhältnissmässig kleinen Durchmesser der Planeten dieser Umstand unberücksichtigt bleiben können, nicht so aber bei der geringen Entfernung der Trabanten vom Hauptplaneten. Hier ist der Abstand des Mondes von der Oberfläche des Planeten in Rechnung zu ziehen.

Durch die Aufnahme aller auf die Hemmung bezüglichen Werthe in die oben gefundene Formel würde, namentlich wo es sich um mehrere Trabanten handelt, diese sehr verwickelt werden. Es wird sich daher empfehlen, die Hemmung gesondert zu berechnen und die Rotationsformel in der Fassung

$$\frac{t^3}{T^3} = \frac{a\,G^2 \sin J^2\, r\, M}{A\, g^2 \sin i^2\, R\, m},$$

oder:

$$\frac{t^3}{T^3} = \frac{a\, d \sin J^2\, r\, M}{A\, D \sin i^2\, R\, m}$$

fortbestehen zu lassen.

Zu was für wichtigen Rückschlüssen die vorstehende Formel bei uns bekannter Rotationszeit eines Weltkörpers auf dessen Masse (Mars), Rotationsaxe (Venus), Trabantenmasse (Saturn), Bahnbewegung (Sonne) Gelegenheit bieten kann, bedarf — unter der Voraussetzung natürlich, dass sie sich als stichhaltig erweist — kaum einer Erwähnung.

Anwendung.

Erproben wir die Richtigkeit der im Obigen entwickelten Theorie jetzt an einigen Weltkörpern, deren Rotationszeit sowohl, wie auch die zur Berechnung sonst nothwendigen Elemente hinlänglich bekannt sind. Eine grosse Auswahl steht uns hier leider nicht zur Verfügung. Ausser unserer Erde, deren Rotationsverhältnisse wir als Basis der Berechnung benutzen werden, bleibt uns zunächst keine andere Wahl als Jupiter und der Erdmond. Aber gerade diese beiden Weltkörper sind für uns als Repräsentanten einer ausserordentlich schnellen Rotation und einer mit der Revolution zusammenfallenden Umdrehungsperiode von hervorragender Bedeutung.

Sehen wir zu, ob die schnelle Rotation des der Erde um mehr als das Tausendfache an Grösse überlegenen Jupiter sich rechtfertigt. Er dreht sich, wie oben schon gesagt, in 9 Stunden 55′ 26,5″ um seine Axe.

Die grossen Buchstaben der Formel

$$\frac{t^3}{T^3} = \frac{a\, d \sin J^2\, r\, M}{A\, D \sin i^2\, R\, m}$$

mögen die auf die Erde bezüglichen, die kleinen die den Jupiter betreffenden Werthe bezeichnen.

Bei der Erde ist:

die Rotationszeit (T) = $23^h 56' 4''$ = 86164″;

die Entfernung von der Sonne (D) = 1;

der Neigungswinkel der Axe (J) = 66°32';
der Durchmesser (2R) = 1718,9 Meilen;
die Masse (M) = $\frac{1}{319500}$ = 0,0000031299 der Sonnenmasse.

Bei Jupiter ist:
die Entfernung von der Sonne (d) = 5,202767;
der Neigungswinkel (i) = 86°54';
der Durchmesser (2r) = 19294 Meilen;
die Gesammtmasse des Jupitersystems = $\frac{1}{1047,879}$ der Sonnenmasse,
die Masse der Jupiterkugel (m) = 0,00095317612.

Wir haben nun zunächst die Hemmungswerthe zu berechnen. Die Hemmung, welche die Sonne auf die Rotation der Erde ausübt, nehmen wir als Einheit an.

Ist die Masse des Erdmondes $^1/_{80}$ der Erdmasse und beträgt die letztere 0,0000031299 der Sonnenmasse, so berechnet sich die Mondmasse auf 0,0000000391233 der Sonnenmasse. Die Entfernung der Erde von der Sonne möge zu 19884000 Meilen*) angenommen werden. Der mittlere Abstand des Mondes von der Oberfläche der Erde beträgt 50940 Meilen.

Unter Zugrundelegung des Kubus der Entfernung, der Massen, sowie unter gleichzeitiger Berücksichtigung des Mitlaufs ergiebt sich für den Mond eine Hemmungsstärke von 2,22845. Dazu die Hemmung der Sonne (= 1), giebt eine Gesammtstärke von 3,22845. Dieser Werth, der als Maximalwerth angesehen werden muss, reducirt sich in Folge der Axenneigung der Erde gegen Ekliptik und Mondbahn auf einen Minimalwerth von 2,9614. Der Mittelwerth, welchen wir in Rechnung zu ziehen haben, beträgt 3,09492.

Bei der Rotation Jupiters kommen als hemmende Körper in Betracht die Sonne und 4 Trabanten. Nach **Laplace** sind die Massen der letzteren in Theilen der Jupitermasse:

*) Siehe H. J. **Klein**, Sonnensystem. Braunschweig.

I. 0,0000173281
II. 0,0000232350
III. 0,0000884972
IV. 0,0000426591.

Beträgt der Durchmesser Jupiters 19294 Meilen, sind ferner die Abstände der 4 Monde vom Centrum des Planeten 6,049, 9,623, 15,350 und 26,998 Jupiter-Halbmesser, so betragen die Abstände von der Oberfläche Jupiters

I.	48707	Meilen
II.	83186	„
III.	138430	„
IV.	250800	„ .

Berechnen wir hieraus nach den obigen Grundsätzen die Hemmung, unter welcher die Axendrehung des Jupiter sich vollzieht, so ergiebt sich im Mittel eine Gesammtstärke von 1,3834.

Nach

$$t^3 = T^3 . \frac{a\ d \sin J^2\ 2r\ M}{A\ D \sin i^2\ 2R\ m}$$

ist:

$$3 \log t = 3 \log 86164 + \log 1{,}3834 + \log 5{,}202798 + 2 \log \sin 66^\circ 32' + \log 19294 + \log 0{,}0000031299$$
$$- (\log 3{,}09492 + \log 1 + 2 \log \sin 86^\circ 54' + \log 1718{,}9 + \log 0{,}0009531761 2)$$
$$= 13{,}6653194.$$

Dann ist $\log t = 4{,}5551031$
und $t = 35901$ Sekunden

oder:

9 Stunden 58 Minuten 21 Sekunden.

Da Jupiters Umdrehungsperiode thatsächlich $9^h 55' 26{,}53''$ beträgt, so hat die Rechnung ein Plus ergeben von

2 Minuten 54 Sekunden.

In Anbetracht der Unsicherheit mancher der in Rechnung gezogenen Werthe, wie des Jupiter-Durchmessers, der darauf sich gründenden Abstände der Trabanten, der Massen derselben, der Entfernung der Erde von der Sonne — kann nur die Geringfügigkeit der erhaltenen Differenz überraschen.

Es ist selbstredend, dass, wie wir die Rotationsdauer Jupiters aus der bekannten Umdrehungsperiode der Erde bestimmen konnten, umgekehrt die letztere sich, wenn sie unbekannt wäre, aus der durch direkte Beobachtung gefundenen Rotationsdauer Jupiters ebenfalls bis auf einen unbedeutenden Fehler berechnen liesse. Somit wären wir, falls es dessen überhaupt noch bedürfte, im Besitz eines neuen und gewiss nicht zu unterschätzenden Beweises für die Axendrehung der Erde.

Gehen wir jetzt an die Erörterung der Frage, warum unser Nebenplanet uns immer die nämliche Seite seiner Oberfläche zuwendet.

Gelegentlich der Besprechung der Beziehungen zwischen Schwung- und Hemmkraft kamen wir zu dem Schlusse, dass ein Weltkörper überhaupt nicht mehr selbstständig rotiren könne, sobald die Hemmkraft der Schwungkraft gleich oder ihr überlegen sei.

Da die genaue Uebereinstimmung zwischen beiden Kräften offenbar ein zufälliges Zusammentreffen sein würde, so lässt sich annehmen, dass, wo das Sonnensystem Beispiele von Nichtrotation aufzuweisen hat, in den weitaus meisten Fällen das Ueberwiegen der Hemmkraft stattfinden wird.

Unser Mond vollführt seinen (siderischen) Umlauf in $27^d 7^h 43'$. Ebenso gross ist seine Rotationsperiode. Ist die Bahngeschwindigkeit (G) der Erde in der Minute 237,53 Meilen und die des Mondes 8,2726 Meilen, beträgt der Mond-Durchmesser 468 Meilen, ist seine Masse $^1/_{80}$ der Erde und sein Abstand 51800 Meilen, so würde zur Realisirung einer Rotationszeit von $27^d 7^h 43'$ eine Hemmkraft erforderlich sein von 4,1516 (Sonne auf Erde = 1). Nun erreicht aber, wie eine einfache Rechnung ergiebt, die Hemmung, welche allein die Erde auf ihn im Mittel ausübt, die Höhe von 177,77, und ist somit die Eigenthümlichkeit der Nicht-

rotation unseres Mondes auf die denkbar ungezwungenste Weise erklärt.

Bezüglich der verschiedenen Versuche, die Nichtrotation der Nebenplaneten in einer ihnen eigenthümlichen, von derjenigen der Planeten abweichenden Entstehungsweise zu begründen, möge hier erwähnt werden, dass, wenn diese Weltkörper, wie es wahrscheinlich ist, eine Verlängerung gegen den Hauptplaneten hin haben, diese nicht die Veranlassung der Nichtrotation, sondern nur die Folge derselben sein kann.

Was die Jupitertrabanten betrifft, so fehlt uns zu einer Berechnung die Kenntniss ihrer Axenlagen. Aber selbst unter Annahme einer senkrechten Axe — ein Fehler zu Gunsten der selbstständigen Axendrehung — ergiebt sich auch für sie die absolute Nothwendigkeit einer mit der Revolution zusammenfallenden Rotation, also nichts Anderes, als was auf dem Wege der Beobachtung, wenn nicht unzweifelhaft constatirt, so doch zu einem hohen Grade der Wahrscheinlichkeit erhoben worden ist.

So übertrifft die Hemmung, welche Jupiter auf den ersten Trabanten ausübt, um das 300000fache die Hemmung, welche zur Verwirklichung von dessen Umdrehungsperiode ($1^d 18^h 27'$) erforderlich wäre. Beim vierten Trabanten wird die zu einer Umdrehungsperiode von $7^d 3^h 42'$ nothwendige Hemmung noch um mehr als das Zehnfache von der thatsächlich stattfindenden übertroffen.

Das aus dem Helligkeitswechsel der einzelnen Trabanten längst gefolgerte Zusammenfallen von Umlauf und Axendrehung findet somit für die Jupitermonde seine volle Bestätigung und muss die in neuerer Zeit von Secchi vermuthete selbstständige Rotation des dritten Trabanten als durchaus unwahrscheinlich angesehen werden.

Dass die abhängige Rotation nicht unbedingt als ein von dem Begriff eines Nebenplaneten untrennbares Attribut gelten kann, ist klar. Stände beispielsweise der 4. Satallit Jupiters in einer Entfernung von etwa 380000 Meilen von seinem Haupt-

planeten, so würden hier Bahngeschwindigkeit und Hemmung einander das Gleichgewicht halten, folglich von hier ab die Möglichkeit einer selbstständigen Axendrehung gegeben sein. Wenn Saturns äusserster Trabant, wie die Beobachtung es als höchst wahrscheinlich herausstellt, noch in einem Abstande von 504900 Meilen keine selbstständige Rotation besitzt, so lässt das einestheils auf eine sehr geringfügige Masse desselben, anderntheils auf eine nicht unerhebliche Axenneigung schliessen.

Vergegenwärtigen wir uns noch einmal alles bisher Gesagte, so finden wir überall die wünschenswertheste Uebereinstimmung zwischen den durch Beobachtung constatirten Thatsachen und der Theorie.

Um letztere an der Rotationszeit des Saturn erproben zu können, fehlt uns zur Feststellung der Hemmung die Kenntniss der Trabantenmassen. Da uns aber seine Umdrehungsperiode bekannt ist, so können wir aus ihr die Stärke der Hemmung berechnen, durch welche sie bedingt wird, was uns dann zu weiteren Schlüssen führen kann.

Saturn gewährt uns das Beispiel einer Rotationsgeschwindigkeit, welche die Bahngeschwindigkeit übertrifft. Dieser Umstand führt nothwendiger Weise auf die Annahme einer sehr geringen Hemmung. Eine Berechnung aus der bekannten Rotationsdauer ergiebt in der That das unbedeutende Maass von im Mittel

0,25629.

Hiervon kommt auf Rechnung der Sonne nicht mehr als 0,00099 es bleiben also für die Ringe und die Trabanten

0,2453

übrig. Dass die Ringe hieran trotz ihrer unbedeutenden Entfernung so gut wie gar keinen Antheil haben können, leuchtet ein, wenn wir uns sagen, dass sie eine continuirliche Fluthwelle auf dem Hauptplaneten erzeugen müssen, während die Hemmung

in einer beständigen Neubildung einer solchen gesucht werden müsste. Freilich würden die nicht völlig concentrische Lage der Ringe, eine etwaige Neigung gegen den Saturnäquator, sowie eine ungleiche Massenvertheilung innerhalb des Ringsystems als eben so viele Hemmungsursachen angesehen werden müssen, aber der jedenfalls nur sehr geringe Betrag wird durch die schnelle Mitbewegung ohne Frage zum grössten Theile vernichtet. Somit wird der Werth von 0,2453 fast ganz dem Einfluss der 8 Trabanten zugeschrieben werden müssen. Um einen Anhalt zur Schätzung zu haben, möge hier eine Uebersicht der Abstände innerhalb des Saturnsystems folgen. Ist nach Bessel der Durchmesser Saturns 15680 Meilen, so sind die Abstände von seiner Oberfläche folgende:

Innere Ringkante	4420	Meilen
Aeussere Ringkante . . .	10595	„
Mimas (7)	16784	„
Enceladus (6)	23770	„
Thetis (5)	31302	„
Dione (4)	45784	„
Rhea (3)	67054	„
Titan (1)	154495	„
Hyperion (8)	202665	„
Japetus (2)	497060	„ .

Die bei den einzelnen Trabanten eingeklammerten Zahlen bezeichnen die Reihenfolge ihrer Entdeckung, also den Grad ihrer Helligkeit, woraus sich unter Voraussetzung einer gleichen Reflexionsfähigkeit allenfalls auf ihre Grösse schliessen lässt.

Dass unter ihnen allen Titan der überwiegend grösste ist, ist nicht zu bezweifeln. Nehmen wir für ihn einen wahrscheinlichen Durchmesser von 400 Meilen an und setzen wir eine mit

dem Hauptplaneten gleiche Dichtigkeit voraus, so beträgt seine Hemmkraft im Maximum

0,00996,

mithin noch nicht den 24. Theil der verlangten. Die Wirkung des zweitgrössten, achten Trabanten, Japetus, muss sich bei der sehr beträchtlichen Entfernung noch viel niedriger beziffern. Der zuletzt entdeckte Hyperion ist bei ebenfalls bedeutender Entfernung anscheinend von so winziger Grösse, dass auch er nicht irgendwie mitzählen kann.

Es kommt also der weitaus grösste Theil der Hemmung von 0,2453 auf Rechnung der 5 inneren Monde. Nun ist allerdings ihre Entfernung eine viel geringere und ihre Anziehung eine um so stärkere, aber mit der Abnahme der Distanzen nehmen — nach der Helligkeit zu urtheilen — auch wieder die Massen ab und was hier beträchtlich ins Gewicht fallen wird, es beschleunigt sich der Mitlauf. Beim Mimas, dem innersten Monde, würde sich in Folge der schnellen Mitbewegung (Umlauf: $22^{h}36'$) der ihm sonst zukommende Hemmungswerth auf etwa die Hälfte reduciren.

Alles dies berechtigt zu der Annahme, dass die auf Saturn sich äussernde Hemmung in der That den Betrag von 0,2453 nicht übersteigen wird und somit wäre seine Rotationsdauer von $10^{h}29'17''$ gerechtfertigt.

Noch auf einen wichtigen Punkt möge bei dieser Gelegenheit hingewiesen werden.

Wenn es möglich wäre, die Rotationsdauer der Ringe oder wenigstens eines derselben, vielleicht des äusseren, genau festzustellen, so wäre damit ein Mittel gegeben, um das Gesammt der Trabantenmasse zu berechnen. Dass die Rotationsdauer der verschiedenen Ringe, falls sie nicht materiell mit einander verbunden sind, eine verschiedene sein muss, kann bei der ungleichen Hemmung, welcher sie ausgesetzt sind, nicht fraglich sein. Wahrscheinlich ist dies ein Hauptgrund mit, weshalb die Bestimmung ihrer Umdrehungsperiode bisher noch nicht mit wünschenswerther Sicherheit gelungen ist.

Angenommen nun, die Rotationsdauer des äusseren Ringes wäre uns bekannt und die jetzt zerstreut wirkenden Trabantenmassen wären in einem einzigen Körper vereint vorhanden, so ist klar, dass es nur eine ganz bestimmte Entfernung geben kann, von wo aus dieser hemmende Körper den Unterschied in der Rotationsperiode Saturns und des Ringes bewirken könnte. Diese Entfernung aber wäre zu berechnen.

Bezeichnen wir den unbekannten Abstand des supponirten Trabanten von Saturn mit x und die Entfernung zwischen Saturn und dem Ringe mit d, so ist die Entfernung des letzteren von dem Trabanten $x - d$.

Sind ferner die aus den verschiedenen Rotationszeiten abzuleitenden Hemmungswerthe bei Saturn $= A$, bei dem Ringe $= a$, so kann x aus der sich dann ergebenden kubischen Gleichung

$$x^3 + \left(\frac{3ad}{A-a}\right) x^2 - \left(\frac{3ad^2}{A-a}\right) x = \frac{ad^3}{A-a}$$

gefunden werden. Ist aber die Entfernung der vereinigt gedachten Masse bekannt, so ist diese selbst aus der bekannten Hemmung auf Saturn z. B. ohne Weiteres leicht zu berechnen. Wäre es dann ferner möglich, die relativen Durchmesser der zerstreuten Trabanten (durch photometrische Schätzung?) annähernd zu bestimmen, so würde die gefundene Gesammtmasse unter Annahme einer einigermassen übereinstimmenden Dichtigkeit vertheilt werden können. Eine Schwierigkeit würde allerdings aus der zu berücksichtigenden Mitbewegung der einzelnen Körper erwachsen, doch auch diese würde nicht unüberwindlich sein.

Betrüge nun nach Secchi die Rotationsdauer des Ringsystems $14{,}238^h$, so würde die vereinigt gedachte Trabantenmasse in eine Entfernung von etwa 40000 Meilen zu setzen sein und die Masse selbst

0,0000000022

der Sonnenmasse betragen. Allerdings ist hierbei der Mitlauf der Monde ausser Acht gelassen und der vorstehende Werth folglich etwas höher zu veranschlagen, aber nichtsdestoweniger muss die erhaltene Gesammtmasse als zu klein angesehen werden, denn schon allein die Masse des Titan dürfte sich auf etwa das Doppelte berechnen. Dies spricht durchaus gegen Secchi's Annahme und macht die von W. Herschel auf $10^h 32' 15''$ bestimmte Umdrehungsperiode des Ringsystems wahrscheinlicher.

Folgerungen.

Wenden wir uns jetzt, nachdem wir auch für Saturn die Uebereinstimmung zwischen Thatsachen und Theorie nachzuweisen versucht haben, zu den noch übrigen Körpern unseres Sonnensystems.

Bei der Venus fehlt uns die Kenntniss des Neigungswinkels ihrer Axe. Cassini und Flaugergues vermuthen eine sehr starke Abweichung von der senkrechten Stellung. Nehmen wir die Rotationszeit dieses Planeten zu $23^h 21' 22''$ an, so berechnet sich der Neigungswinkel der Axe auf $51\frac{1}{2}$ Grad.

Die so erhaltene Abweichung ist also in der That eine beträchtlich stärkere, wie bei der Erde, wenn auch vielleicht nicht ganz so stark, wie angenommen worden ist.

Beim Mars ist es bisher nicht möglich gewesen, die Masse mit Sicherheit zu bestimmen. Nach Burckhardt betrüge sie $\frac{1}{2680337}$ der Sonnenmasse; Leverrier glaubt, sie bedeutend geringer veranschlagen zu müssen und nimmt sie zu $\frac{1}{2948110}$ an. Aber auch dieser Werth stellt sich als zu hoch heraus, wenn wir die Masse aus der uns bekannten Umdrehungsperiode von $24^h 37' 22{,}62''$ berechnen. Es ergiebt sich nämlich für Mars der Werth von nur

$$\frac{1}{4370900}$$

der Sonnenmasse, also etwas mehr als $\frac{2}{3}$ der Leverrier'schen

Marsmasse und nahezu derselbe Werth, den man für Merkur annimmt.

Hiernach würde die Dichtigkeit des Mars nicht 0,7, sondern 0,48 der Erde betragen. Bemerkenswerth ist hierbei, dass dieser Grad der Dichtigkeit auffallend harmonirt mit der Dichtigkeit des Erdmondes (0,6) und Jupiters (0,2).

Bei der Untersuchung der Rotationsverhältnisse des Merkur stossen wir auf zu grosse Schwierigkeiten, um zu einem einigermassen sicheren Resultate gelangen zu können. Nur soviel stellt sich als gewiss heraus, dass die allerdings wissenschaftlich durchaus nicht genügend verbürgte, aber doch beliebte Annahme von auch etwa 24 Stunden nicht denkbar ist. Es ist möglich, vielleicht wahrscheinlich, dass sie gerade das Doppelte der von Schröter und Harding zu $24^h 5' 30''$ gefundenen Periode beträgt. Unter Annahme einer senkrechten Axe und einer Masse von $\frac{1}{4343000}$ würde die Rotationszeit sich berechnen auf

$$50^h 13' 28''.$$

Nehmen wir sie aber zu $48^h 11'$ (das Doppelte von $24^h 5' 30''$) und gleichzeitig die vermuthete Axenneigung von 70°, so würde sich damit die Merkursmasse erhöhen auf $\frac{1}{3500000}$ und die Dichtigkeit des Planeten betrüge 1,74 der Erde statt 1,56.

Gerade die Methode, aus der Lichtgestalt der Merkurssichel auf die Rotation zu schliessen, giebt der Vermuthung Raum, dass die obengenannten beiden Beobachter, gestützt auf Analogieen und bei der grossen Schwierigkeit der Beobachtung getäuscht durch eine vielleicht starke Aehnlichkeit, die halbe Umdrehungsperiode statt der ganzen gefunden haben. Warum sollte die Merkurssichel nicht nach Ablauf der halben Periode zufällig eine wenigstens ähnliche Gestalt zeigen können, wie nach Ablauf der ganzen Periode?

Selbstredend soll hier in keiner Weise der Forschung vorgegriffen werden. Aber wenn die von uns entwickelte Theorie richtig ist, woran nach der auffallenden Uebereinstimmung zwischen Berechnung und Thatsachen bei Jupiter, Saturn und namentlich den Monden kaum zu zweifeln sein dürfte, so muss die bisherige Annahme, dass Merkur bezüglich seiner Rotationszeit sich den drei Planeten Venus, Erde, Mars anschliesst, aufgegeben werden.

Beiläufig möge hier gleich bemerkt werden, dass ebensowenig, wie die Nichtrotation der Monde als eine ihnen zukommende Eigenthümlichkeit aufgefasst werden darf, auch die selbstständige Axendrehung der Planeten nur bedingungsweise anzunehmen ist, insofern als in einer geringeren Entfernung von der Sonne deren Hemmkraft der Schwungkraft des rotirenden Planeten gleichkommen resp. sie übertreffen muss.

Um Näheres über die Rotation der Asteroiden, des Uranus, des Neptun zu erfahren, mehren sich die Schwierigkeiten in bedeutendem Maasse. Es sind eine Menge von Voraussetzungen nothwendig, die zum Theil allerdings einige Wahrscheinlichkeit werden beanspruchen können, zum Theil indess ganz willkürliche sein müssen.

Nehmen wir für die Asteroiden eine Dichtigkeit von 0,4 an und setzen wir eine Axenneigung voraus, wie sie unsere Erde hat, so berechnet sich, wenn nach H. J. Klein der Durchmesser der Ceres 46,2 Meilen, der der Clio 3,9 Meilen beträgt, die Rotationsperiode der Ceres auf

126 Stunden 1′ 10″,

die der Clio auf

713 Stunden 3′ 20″.

Was den Planeten Uranus betrifft, so scheint, nach dem Lauf seiner Trabanten zu urtheilen, seine Axe nahezu in der Bahnebene zu liegen. Genau wagerecht kann sie nicht sein,

wenn wir nicht ein Uebergangsstadium annehmen wollen. Ebensowenig ist eine rückläufige Rotation denkbar. Die in Bezug auf die Gesammtbewegung im Sonnensystem allerdings schon retrograde Bewegung der beiden äussern Monde schliesst eine rechtläufige Rotation des Uranus keinesweges aus. Eine nur wenige Grade betragende Neigung der Trabantenbahnen gegen die Aequatorebene des Planeten erklärt bei Annahme einer fast wagerechten Axenlage die Erscheinung vollkommen. Wenn die Dichtigkeit des Uranus und seiner Monde der des Jupiter fast gleichkommt, so beläuft sich der Hemmungswerth der 4 Monde vielleicht auf 1. Nehmen wir ferner den Neigungswinkel der Axe zu 1° an, so würde unter diesen allerdings sehr willkürlichen Voraussetzungen die Rotationszeit des Urauus betragen

328 Stunden

oder

13 Tage 16 Stunden.

Uebergehen wir die Frage nach der Rotationsdauer des uns zu wenig bekannten Planeten Neptun und wenden wir uns einer andern zu, die von höherem Interesse sein dürfte.

Der Sonnenball rotirt in 25 Tagen $5^h 38'$. Ist auch seine Rotation die Uebertragung einer Bahnbewegung?

Die Möglichkeit, dass die Ursache der Axendrehung eine andere sein kann, ist nicht ausgeschlossen. Ein Zusammenstoss etwa, oder auch ein in nicht centraler, sondern in mehr tangentialer Richtung erfolgendes Herbeiströmen der Massen an den sich verdichtenden, ursprünglichen Kern könnten als Rotationsursachen angesehen werden. Nothwendig aber ist die Axendrehung, sobald der Körper einen Umlauf ausführt und die Hemmung keine überwiegende ist. Dass der Sonnenball sich im Weltraume fortbewegt, ist ohne Zweifel. Eine absolute Ruhe widerspräche durchaus dem Gesetz der allgemeinen, gegenseitigen Anziehung. Auch ergiebt die Beobachtung (Auseinan-

derrücken der Fixsterne in der Gegend des Sternbildes Herkules) die Fortbewegung der Sonne und ihres ganzen Systems als sehr wahrscheinlich. Aber ist, wenn die Sonne eine Fortbewegung hat, ihre Bahn eine Kurve, oder beschreibt sie eine gerade Linie? Dass die Bewegung der Sonne um einen Centralkörper oder einen centralen Massencomplex erfolge, dass ihre Bahn eine geschlossene sei, wird allerdings in Frage gezogen werden können, nicht aber, dass die Bahn eine gekrümmte sei. Eine gerade Richtung wäre vorübergehend vielleicht denkbar, die Annahme einer dauernd geraden Richtung dagegen stände in direktem Widerspruch mit dem Gesetz der gegenseitigen Anziehung und mit der thatsächlich vorhandenen Massenvertheilung im Weltraume. Hat aber die Sonne eine Fortbewegung und hat ferner ihre Bahn einen — gleichviel ob dauernden oder zeitweiligen — Schwerpunkt, so ist eine Axendrehung ihrerseits eine Naturnothwendigkeit und somit kein Grund vorhanden, sie andern Einflüssen zuzuschreiben.

Da wir die Rotationsdauer der Sonne kennen, so muss nach unserer Theorie sich aus ihr die Geschwindigkeit der Bewegung, mit welcher die Sonne den Weltraum durcheilt, berechnen lassen.

Allerdings kennen wir nicht die Neigung der Sonnenaxe gegen die Bahnebene, aber bei Annahme einer senkrechten Axe würden wir wenigstens das Minimum der Geschwindigkeit erhalten und damit einen Anhaltspunkt zu weiteren Schätzungen, also doch immerhin Etwas, wo wir bis jetzt gar nichts wissen.

Wie gross aber ist die Hemmung, welcher die Sonnenrotation ausgesetzt ist? Die Gesammtwirkung sämmtlicher uns bekannten Planeten — mit Ausnahme der Asteroiden — berechnet sich auf den ausserordentlich geringen Betrag von

0,0000189.

Dass die Hemmung, welche die Sonne von der ihre Bahngeschwindigkeit bedingenden Fixsternmasse erfährt, eine noch

geringere ist, ist wahrscheinlich. Unsere Erde kommt dieser Masse während eines Umlaufs um die Sonne um 20 Millionen Meilen näher als selbst der Sonnenkörper. Wäre die anziehende Fixsternmasse von besonders hervorragender Bedeutung und ihre Entfernung eine nicht unverhältnissmässig grosse, so müsste sie sich durch Störungen in der Erdrotation, mehr aber noch in der Gestaltung der Erdbahn bemerklich machen. Von Beidem hat aber bis zur Stunde nicht die geringste Spur nachgewiesen werden können. Dies führt nothwendig zu dem Schlusse, dass die betreffende Fixsternmasse entweder verhältnissmässig unbedeutend oder aber ihre Entfernung eine so ungeheure ist, dass 40 Millionen Meilen eben darin verschwinden, wie ja auch die bekannte Entfernung der uns wahrscheinlich nächsten Fixsterne Letzteres unzweifelhaft macht. Dann aber kann die Hemmung, welche die Sonne — und die Erde im Mittel ebenfalls — von dieser Masse erfahren, keine irgendwie beträchtliche sein und wir fragen uns: Eine wie grosse Bahngeschwindigkeit ist diese Masse in dieser Entfernung zu erzeugen im Stande?

Offenbar können wir nicht anders, als auf eine ausserordentlich langsame Bewegung schliessen. Begehen wir den kleinen Fehler, die der Sonne und Erde gemeinschaftliche Hemmung seitens der Fixsternmasse zu vernachlässigen, so ergiebt unter Annahme einer senkrechten Sonnenaxe die Berechnung eine Fortbewegung des Sonnensystems von

0,00000094466 Meilen

oder

0,007 Meter

in der Minute, also ein so geringes Maass von Geschwindigkeit — entsprechend der Geschwindigkeit, mit welcher die Spitze eines 13 Centimeter langen Minutenzeigers einer Uhr fortrückt — dass das Resultat unwahrscheinlich wird.

Die Annahme einer schiefen Axe erhöht freilich diesen Werth. So würde derselbe sich bei einem Neigungswinkel von 45° auf

0,010 Meter,

bei 1° auf

0,397 Meter
(jährlich noch nicht 3 Meilen)

beziffern, bei noch weiterer Abnahme des Winkels endlich eine weitere und rapide Steigerung erfahren. Da aber schon ein Neigungswinkel von 1°, wenn auch nicht als unmöglich, so doch als ungewöhnlich bezeichnet werden muss, so drängt sich uns die Frage auf, ob hier nicht ein Widerspruch vorliegt, der eine andere Lösung erheischt. Die Natur gefällt sich allerdings in den grossartigsten Gegensätzen. Berechnet sie, die dem Lichtstrahl Gedankenschnelligkeit verleiht, ein Fixsternjahr nach Ewigkeiten?

Wenn das Auseinanderrücken der Fixsterne in der Gegend des Sternbildes Herkules eine Folge der Fortbewegung der Sonne, also ein scheinbares und nicht wirkliches ist, so muss die Bahngeschwindigkeit der Sonne eine sehr viel grössere wie die hier berechnete sein.

Legen wir uns die Frage vor, ob die Hemmung an der Sonne von uns vielleicht zu klein angenommen worden ist. Möglicherweise existiren intramerkuriale Planeten. Aber auch, wenn der Hemmungswerth die Höhe von 1 erreichte, würde sich die Bahnbewegung auf nur täglich eine Meile berechnen, das Resultat mithin noch immer nicht annähernd befriedigen. Wir werden also auch diesen Gedanken fallen lassen müssen, und dann bleibt uns nur eine Annahme übrig: Die Rotationsgeschwindigkeit der Sonne entspricht nicht ihrer Bahngeschwindigkeit, der Gleichgewichtszustand zwischen Schwung- und Hemmkraft ist noch nicht ein-

getreten und die Sonnenrotation ist in noch fortwährender Beschleunigung begriffen.

Es dürfte dieser Annahme schwerlich Etwas entgegenstehen. Ebenso, wie der Sonnenkörper selbst, wie wir jetzt Dank den grossartigen Forschungen der Neuzeit bestimmt wissen, mit unberechenbar langsamen Schritten seiner Weiterentwickelung entgegengeht, ebenso kann ja möglicher Weise auch seine Rotation sich noch nach und nach beschleunigen.

Hätte die Sonne die Bahngeschwindigkeit ihres äussersten uns bekannten Planeten, des Neptun, würde ihre Umlaufsgeschwindigkeit also von der unserer Erde um das Fünffache etwa übertroffen, so wäre der Gleichgewichtszustand zwischen der Schwungkraft der gewaltigen Sonnenmasse und der geringen Hemmung erst dann vorhanden, wenn die Sonnenrotation sich in 5 Minuten vollzöge. Das wäre aber eine Geschwindigkeit welche der Schwere am Sonnenäquator überlegen wäre und welche bewirken würde, dass die unter dem Einfluss der gewaltigen Schwungkraft befindlichen Theile des Sonnenkörpers auf Nimmerwiederkehr von demselben fortgeschleudert werden würden. Bevor indess diese Katastrophe eintreten könnte, würde sich etwas Anderes, Aehnliches ereignen.

Die Sonne, welche gegenwärtig keine Spur einer Abplattung zeigt, die sie nach dem bedeutenden Uebergewicht der Schwere über den Rotationsschwung auch nicht haben kann, würde bei Beschleunigung ihrer Umdrehung sich abplatten, d. h. die Theile am Aequator würden das Bestreben haben und ausführen, sich vom Centrum des Sonnenballes weiter und weiter zu entfernen.

Bei fortgesetzter Beschleunigung würde sodann am Aequator eine Massenabschichtung in Ringform und damit die Geburt eines neuen Planeten erfolgen.

Zu welchen — nicht fruchtlosen Speculationen, sondern — streng wissenschaftlichen Folgerungen es führen würde, wenn die Beschleunignng der Sonnenrotation resp. die Stärke der Abnahme der Umdrehungsdauer nachgewiesen werden könnte,

bedarf keiner Erwähnung. Vielleicht liegt die Möglichkeit vor, dereinst das Alter eines jeden Planeten, auch unserer Erde, auf mathematischem Wege festzustellen. Zunächst ist jedoch *Eins* nothwendig: *die ganz genaue Bestimmung der Rotationsdauer der Sonne.* Wir wollen uns nicht verhehlen, dass hier enorme Schwierigkeiten zu überwinden sein werden, aber der Menschengeist hat Vieles überwunden, was unmöglich schien. Wenden wir Alles daran, um hier künftigen Generationen eine Operationsbasis zu schaffen!

Die Beständigkeit der Rotationszeiten.

Bis noch vor Kurzem glaubte man zu wissen, dass die Dauer des Sterntages eine absolut gleichförmige sei. Heute weiss man, dass dem nicht so ist. Wenn auch eine fortschreitende Ab- oder Zunahme der Umdrehungsperiode der Erde nicht als ausreichend begründet nachgewiesen ist, so sind Unregelmässigkeiten in der Axendrehung nicht mehr zu verkennen. Schwankungen, also Veränderungen periodischer Natur, sind als erwiesen zu betrachten. Wie viel der Beobachtung auf diesem Gebiete aber noch zu thun bleibt, mag aus den Untersuchungen eines der tüchtigsten Mathematiker der Gegenwart über den Mondlauf erhellen. Newcomb kommt zu dem Schlusse, dass entweder unsere derzeitige Theorie die mittlere Bewegung des Mondes nicht korrekt darstelle, oder aber — dass die Rotation der Erde Ungleichheiten von unregelmässigem Character und langen Perioden unterworfen sei. Er findet, dass man sich für die letztere Annahme zu entscheiden habe und sagt: „Man muss annehmen, dass die Rotation der Erde zwischen 1860 und 1862 so beschleunigt wurde, dass unsere Zeitrechnung schon um 8 oder 10 Sekunden derjenigen voraus ist, die bei einem unveränderlichen Sterntage gelten würde.“ Nach Newcomb kann dann ferner diese Beschleunigung nur in einer veränderten Anordnung der innern Erdmasse ihren Grund haben.

Diese letztere Annahme wird überflüssig, wenn wir uns fragen, was unsere oben entwickelte Rotationstheorie zur Un-

veränderlichkeit der Dauer des Sterntages sagt. Sie schliesst sich den neueren Anschauungen über diesen Gegenstand so vollkommen an, dass sie alles in dieser Beziehung Räthselhafte in einer Weise erklärt, wie sie nur eben gewünscht werden kann.

Beruht die Gleichmässigkeit der Rotation auf einem zwischen bewegender Kraft und Hemmkraft eingetretenen Gleichgewichtszustande, so ist klar, dass die Geschwindigkeit eine vollkommen gleichförmige sein muss, so lange keine von den beiden Kräften alterirt wird und dass sie sich verändern muss mit einer Verstärkung oder Verminderung der Kräfte. Nun sind die letzteren aber verschiedenen Beeinflussungen unterworfen und so kann es keinem Zweifel unterliegen, dass mit einem Wechsel der Einflüsse eine Verlangsamung oder Beschleunigung der Rotationsdauer verbunden sein muss, wenn nämlich, und das dürfte hierbei zu beachten sein, den verschiedenen störenden Einflüssen Zeit bleibt, sich geltend zu machen, denn dass eine Zeit überhaupt erforderlich ist zur Herstellung des Gleichgewichts, kann nicht fraglich sein.

Was zunächst die aus der immer östlich vom Meridian des Mondes auf der Erde befindlichen Fluthwelle gefolgerte allmälige Verlangsamung der Erdrotation betrifft, so fällt sie in sich selbst zusammen, denn sie hat nur einen Sinn, wenn man die Axendrehung als die Wirkung eines einmaligen Impulses und nicht einer perpetuirlichen Kraftäusserung ansieht. Die Fluthwelle liegt eben immer östlich und alterirt in keiner Weise das längst eingetretene Gleichgewicht.

Nichtsdestoweniger aber könnte eine dauernd zunehmende Retardation der Axendrehung als möglich gedacht werden in einer allmäligen Ermattung der Umlaufsbewegung des rotirenden Weltkörpers und dadurch bedingter grösserer Annäherung an den Centralkörper. Ob ein stichhaltiger Grund zu dieser Annahme vorhanden ist oder nicht, mag dahin gestellt bleiben. Eine allmälige, wenn auch geringe, Beschleunigung der Erdrotation muss hingegen als sehr wahrscheinlich angenommen werden.

Die Umdrehungsperiode ist abhängig vom Durchmesser

und von der Masse des rotirenden Körpers. Beide Faktoren können in Bezug auf die Erde nicht als unveränderlich gelten. Wenn auch für die Annahme einer Verringerung der Masse kein Grund vorhanden ist, so findet ein Massenzuwachs — durch Meteoriten — thatsächlich statt, aber in so verschwindend geringer Menge, dass dieser Umstand völlig unberücksichtigt bleiben kann. Was den Durchmesser betrifft, so ist derselbe abhängig von dem Wärmezustande des Weltkörpers. Die Erde befindet sich bis auf eine verhältnissmässig dünne Rinde in feuerflüssigem Zustande und ihre allmälige Abkühlung bis zu völliger Erstarrung kann nur eine Frage der Zeit sein. In welcher Weise aber wird sich der fortschreitende Erkaltungsprozess auf den Durchmesser geltend machen? Die Abkühlung geht von Aussen nach Innen vor sich. Wird sich nun die bereits erstarrte Rinde der durch die zunehmende Erkaltung bedingten Zusammenziehung derart fügen, dass der Erdkörper zuletzt eine feste, compakte Masse mit stark verkürztem Durchmesser bildet, oder werden die nach und nach erstarrenden Massen sich an die schon abgekühlte Rinde ansetzen und so die Erde zu einer Art Hohlkugel mit einem dem gegenwärtigen nahezu gleichen Umfange gestalten? Nur Letzteres kann stattfinden. Damit aber kann und soll nicht gesagt sein, dass die schon erstarrte Rinde keiner weiteren Zusammenziehung in sich mehr fähig wäre. Dies wird ohne Zweifel auch geschehen, aber ob in so beträchtlichem Maasse, dass die dadurch bewirkte Verkürzung des Durchmessers eine erhebliche Verkürzung der Rotationsdauer nach sich ziehen würde, ist eine andere Frage. Wie dem auch sein möge, jedenfalls liegt die Aussicht auf eine dauernde Veränderung der Umdrehungsperiode, soweit Durchmesser und Masse in Betracht kommen, für das Menschengeschlecht in unabsehbarer Zukunft. Alle andern nach unserer Theorie noch möglichen Veränderungen in der Dauer des Sterntages stellen sich als periodische heraus.

Als einen wesentlichen Faktor in der Gestaltung der Rotationszeit haben wir die Lage der Axe hingestellt. Die Erdaxe ist Schwankungen unterworfen, von denen die bedeutend

sten eine Reihe von Jahrtausenden umfassen. Möglich ist, dass die hieraus resultirenden Schwankungen in der Umdrehungsperiode sich schon in nicht so ferner Zukunft bemerkbar machen. Wichtiger aber muss uns, wenn wir von der Axenlage sprechen, die Frage nach den Veränderungen erscheinen, welche nothwendig durch die wechselnde Hemmungsstärke der Sonne und des Mondes erzeugt werden, denn wie gelegentlich der Entwickelung der Theorie auseinandergesetzt wurde, erreicht die Hemmung ihr Maximum, wenn die Fluthwellen sich im Aequator, ihr Minimum, wenn sie sich in dem möglichst hohen Breitengrade bewegen. Seitens der Sonne tritt das Maximum zur Zeit der Aequinoctien, das Minimum zur Zeit der Solstitien ein, der Wechsel in der Hemmungsstärke umfasst also eine Periode von einem halben Jahre. Beim Monde ist die Periode viel kürzer, sie umfasst eben nur einen halben Monat.

Die hieraus für die Dauer des Sterntages resultirenden Schwankungen müssen von allen als die gewichtigsten bezeichnet werden. Nach der Theorie berechnen sie sich auf eine nicht unbeträchtliche Anzahl von Minuten, sie erreichen also eine Höhe, wie sie in Wirklichkeit nicht existirt. Der hier scheinbar vorhandene Widerspruch lösst sich indessen auf sehr einfache Weise. Um das durch die veränderte Hemmungsstärke geforderte neue Gleichgewicht herzustellen, ist unbestreitbar eine Zeit erforderlich. Die Länge derselben muss abhängig sein einerseits von der Intensität des einmal vorhandenen mittleren Rotationsschwunges, andererseits von der Stärke des Kraftwechsels.

Nun ist letzterem gegenüber der Rotationsschwung der Erde jedenfalls ein so bedeutender, dass wahrscheinlich Jahrhunderte, wenn nicht Jahrtausende nöthig sein würden, um das durch die Aenderungen in der Hemmung bedingte neue Gleichgewicht herzustellen. Da aber die hierzu gegebenen Zeiträume nur ein halbes Jahr resp. einen halben Monat umfassen, so lässt sich leicht einsehen, dass die durch die Theorie geforderten Schwankungen zum überwiegend grössten Theile an dem Rotationsschwunge der Erde verloren gehen müssen und nur noch in verhältnissmässig geringfügigen Spuren zu Tage treten können.

Es ist somit zu begreifen, dass dieselben sich bis in die neuere Zeit jeder Wahrnehmung entzogen haben.

In ähnlicher Weise, wie die Lage der Erdaxe in Bezug auf die Ekliptik und die Mondbahn Schwankungen in der Dauer des Sterntages bedingt, muss auch die Excentricität der Bahnen als Veranlassung periodischer Veränderungen aufgefasst werden.

Die Excentricität der Erdbahn ist keine sehr grosse, sie beträgt 0,01670207 der halben grossen Axe. Mit der Annäherung der Erde zur Sonne wächst die Hemmkraft der letzteren und zwar umgekehrt nach Maassgabe des Kubus der Distanzen und fordert somit eine Verlangsamung der Erdrotation. Aber mit der Abnahme der Entfernung wächst zugleich die Bahngeschwindigkeit und zwar ist dieselbe hier, da der Radius vector in gleichen Zeiten gleiche Räume beschreibt, einfach den Abständen umgekehrt proportional. Somit findet bei Zu- oder Abnahme der Entfernung zwischen Hemmung und Bahngeschwindigkeit ein Ausgleich statt, der indessen kein vollständiger sein kann, da beide sich nicht nach gleichen Grundsätzen berechnen. Ein ähnlicher Ausgleich vollzieht sich in der Excentricität der Mondbahn. Während bei grösserer Annäherung des Mondes zur Erde dessen Hemmkraft wächst, beschleunigt sich seine Umlaufsgeschwindigkeit, sein Mitlauf.

Der Werth der aus den Excentricitäten erwachsenden Störungen in der Dauer des Sterntages wird sich also niedriger beziffern, als der obige. Auch hier aber wird wiederholt werden müssen, dass die Perioden, innerhalb deren die Veränderungen in der Rotationsdauer zum Austrage kommen sollen, viel zu klein sind, um letztere auch nur annähernd die betreffende Höhe erreichen zu lassen.

Noch möge endlich der Einfluss der benachbarten Planeten eine kurze Erwähnung finden, denn auch er kann nicht gleich Null sein.

Die Hemmungsstärke der 4 nächsten Planeten berechnet sich für die Erdnähe, wie folgt:

Merkur	0,0000018
Venus	0,0001516
Mars	0,0000035
Jupiter	0,0000179.

Es würde hiernach Venus noch allenfalls berücksichtigt werden können und in der That würde die Abweichung vom Mittel der Hemmungsstärke für die Erdrotation eine Differenz von etwa 7 Sekunden ergeben, aber wieviel wird hiervon noch zu unserer Wahrnehmung gelangen können? Wahrscheinlich nichts!

Vergegenwärtigen wir uns nun noch einmal das bisher Gesagte, so sind nach unserer Theorie Beschleunigungen und Verzögerungen in der Dauer des Sterntages unvermeidlich. Wenn sie in Wirklichkeit nicht die Höhe erreichen, welche die Theorie fordert, so erklärt sich das auf durchaus ungezwungene Weise. Die gesammten Störungen, welche wir als möglich hingestellt haben, sind fast durchweg periodischer Natur und müssen durch das, wenn auch nicht regellose, so doch bunte Ineinandergreifen der verschiedenen Beeinflussungen einen unregelmässigen Charakter an sich tragen, was indessen nicht hindert, sie auf dem Wege der Berechnung, die sich allerdings zu einer etwas verwickelten gestaltet, festzustellen.

Im Allgemeinen wird behauptet werden können, dass die Schwankungen Hand in Hand gehen mit der Ab- und Zunahme der Stärke der durch Sonne und Mond auf der Erde hervorgerufenen Fluthwellen.

Es ist Sache der Forschung, hier ein Weiteres zu thun, und die Theorie durch eine angestrengte, sorgfältige Beobachtung zu unterstützen.

Es dürfte sich empfehlen, die Rotationsdauer des Mars einer erneuten Untersuchung zu unterziehen. Sollten vielleicht die nicht unbedeutend von einander abweichenden Resultate der verschiedenen Beobachter ihren Grund in periodischen Schwankungen der Umdrehungsperiode haben? Die Excentricität dieses Planeten ist eine viel bedeutendere, wie bei der Erde,

seine Umlaufsperiode ist doppelt, sein Rotationsschwung halb so gross, wie bei der Erde. Kein Planet eignet sich wie er zu einer möglichst genauen Beobachtung und er hat keinen Trabanten, welcher die Schwankungen in der Rotationszeit verwickelt und die Untersuchung erschwert.

Vielleicht hat derselbe Weltkörper, welchem wir bereits die Umlaufsgesetze verdanken, seine Rolle in der Culturgeschichte des Menschengeschlechts noch nicht ausgespielt und ist möglicherweise auch noch berufen, uns zu einer genauen Feststellung der Rotationsgesetze zu verhelfen. Möge sich also bald sein Kepler finden!

Wir haben bei Besprechung der Schwankungen in der Axendrehung bisher fast durchgehends nur den Erdkörper im Auge gehabt. Dasselbe aber, was von ihm in dieser Beziehung gilt, muss natürlich mehr oder minder auch von den übrigen Planeten gesagt werden. Auch ihre Rotationszeit wird Schwankungen unterworfen sein je nach Maassgabe der einmal vorhandenen Schwungkraft und der sie beeinflussenden Kräfte.

Nur die Monde werden im Allgemeinen keine solchen Schwankungen aufzuweisen haben, weil, soweit dies bis jetzt nachzuweisen war, die Hemmkraft seitens des Hauptplaneten eine die Bahngeschwindigkeit durchweg stark überwiegende ist.

Für Trabanten in grosser Entfernung von ihrem Centralkörper, wie die äusseren Saturnmonde, werden Schwankungen nicht nur als möglich, sondern als sehr wahrscheinlich angenommen werden müssen und es dürfte in diesem Falle der Kalender ihrer etwaigen Bewohner etwas bunt aussehen.

Rückblick.

Gestatten wir uns jetzt zum Schlusse einen kurzen Rückblick über das Ganze!

Alle bisherigen Versuche, in die im Sonnensystem vor unsern Augen sich entrollenden, in mehr als einer Beziehung räthselhaften Rotationserscheinungen einige Ordnung, einen causalen Zusammenhang bringen, mussten als gescheitert betrachtet werden. Sie konnten nicht anders als scheitern, weil ihnen eine irrige Voraussetzung zu Grunde lag: die Annahme einer einmaligen, nicht beständig wiederholten Kraftäusserung. Wir sind von der Annahme eines perpetuirlichen Impulses ausgegangen und konnten nicht anders, weil es sich herausstellte, dass für einen revoltirenden Weltkörper die absolute Naturwendigkeit der Axendrehung, bedingt durch den Umlauf und die vom Centralkörper ausgehende Hemmung, existirt.

Mit der Annahme einer continuirlichen Kraft aber, denn die Umlaufsbewegung kann hier nicht anders aufgefasst werden, mussten wir der Theorie der Bewegung, nach welcher die erlangte Geschwindigkeit einen immer neuen und gleichen Zuwachs erhalten soll, entgegentreten. Um hier nicht von vornherein auf Widerspruch zu stossen, wählten wir ein Beispiel aus der Praxis: die von der Dampfkraft fortgetriebene, durch die Schwere gehemmte Lokomotive. Wenn die anfänglich nur

schwach angewandte Dampfkraft die Lokomotive fortzubewegen im Stande ist, so muss die Dampfkraft von vornherein der Schwere, also der Hemmung überlegen sein, denn sie überwindet sie eben. Es ist also ein Ueberschuss von bewegender Kraft vorhanden. Derselbe Ueberschuss aber ist im nächsten Augenblick und in allen folgenden auch noch da, ja er ist grösser geworden, denn die bereits begonnene Bewegung hat inzwischen einen entsprechenden Theil der Schwere aufgehoben. Wenn nun die Geschwindigkeit fortgesetzt diesen nicht einmal gleichen sondern sich noch verstärkenden Zuwachs erhielte, wohin würde das führen? Zu nichts Anderem als zu einer schon nach kurzer Zeit eintretenden, haarsträubenden Geschwindigkeit der Lokomotive, vor welcher endlich selbst der Lichtstrahl und — der Gedanke die Segel streichen müsste. Es wäre wahrlich nicht nothwendig, die anfänglich schwache Dampfkraft während des Laufes, wie es thatsächlich geschieht, noch erst zu erhöhen, um einen bestimmten Grad der Schnelligkeit zu erreichen.

Um die thatsächlich gleichförmig werdende Geschwindigkeit der Lokomotive zu erklären, bleibt also nichts Anderes übrig, als die Annahme eines mit der zunehmenden Geschwindigkeit sich vermindernden Zuwachses. Wir haben es aber bei einem Weltkörper mit genau denselben Erscheinungen, mit einer gleichmässig wirkenden, fortbewegenden Kraft und einer Hemmung zu thun und da die Natur eben von Theorie nichts weiss und nur Praxis kennt, so haben wir keinen Anstand nehmen können, uns in Bezug auf die thatsächlich gleichmässige Rotation der Weltkörper zu den obigen Grundsätzen zu bekennen.

Gegen das Princip, aus welchem wir unsere Theorie der Axendrehung entwickelt haben, dürfte somit schwerlich ein stichhaltiger Grund geltend gemacht werden können. Ob die Art und Weise der Durchführung correct ist, ist eine andere Frage. Die Beantwortung derselben sei dem Urtheil aller Sachverständigen anheim gegeben. Dass die Theorie einer weiteren, noch genaueren Entwickelung fähig sein wird, kann und soll keineswegges in Abrede gestellt werden. Sie beansprucht nur, als eine

Darlegung in allgemeinen Grundzügen aufgefasst zu werden und es liegt ihr nichts ferner, als die durch Berechnung erzielten Resultate für bisher nicht bekannte Rotationsperioden, Massen, Axenneigung, Bahngeschwindigkeit etc. als endgültig hinstellen zu wollen. Auch sie mögen nur als vorläufige Versuche angesehen werden.

Was die Uebereinstimmung der Theorie mit den durch Beobachtung constatirten Thatsachen betrifft, so kann dieselbe freilich kaum wünschenswerther gedacht werden.

Die Berechnung der Rotationszeit Jupiters ergab trotz der noch immerhin etwas unsichern Werthe des Durchmessers des Planeten und der Trabantenmassen fast genau die verlangte, bekannte Umdrehungsperiode. Ebenso rechtfertigte sich die zehnstündige Axendrehung Saturns. Wenn somit die beiden Rotationen im Sonnensystem, welche bezüglich ihrer grossen Geschwindigkeit einen auffallenden Gegensatz zur Erdrotation bilden, durch die Theorie ihre vollkommene Begründung fanden, so muss von denjenigen Axendrehungen, die nach der andern Seite hin in einem wo möglich noch grösseren Contrast zur Axendrehung der Erde stehen, genau dasselbe gesagt werden. Wir meinen die langsame, mit der Revolution zusammenfallende Rotation der Monde. Auch hier verlangte die Theorie, was die Beobachtung längst constatirt hatte.

So lange es sich bei der Beweisführung für die Richtigkeit der Theorie nur um die Rotationsdauer der beiden Planeten Jupiter und Saturn handelte, konnte die Frage offen gehalten werden, ob die erlangten Resultate nicht vielleicht einzig und allein auf ein zufälliges Zusammentreffen von Zahlen zurückzuführen seien. Mit der Begründung der eigenthümlichen Axendrehung der Monde aber dürfte sich die Frage als eine unbedingt zu verneinende erledigen.

Eine nicht unwichtige Bestätigung der Theorie wird ferner in den durch sie geforderten und in neuerer Zeit thatsächlich erkannten Schwankungen in der Dauer des Sterntages gefunden werden müssen. Ein Glück für die Theorie, dass sie nicht ein

Jahrzehnt früher das Licht der Welt erblickt hat! Sie hätte sich in der Lage gesehen, das Dogma von der absolut gleichförmigen Axendrehung anzutasten.

Werfen wir jetzt noch einen Blick auf die etwaigen Widersprüche, welche sich bei Anwendung der Theorie ergeben haben.

So lange es eine Forschung giebt, hat sich bis jetzt noch immer die Erscheinung gezeigt, dass mit der glücklichen Lösung einer Frage neue Fragen zu Tage traten. Auch wir haben im Obigen dieselbe Erfahrung machen müssen. Neue Fragen sind auch an uns herangetreten und es muss sich uns nun zunächst darum handeln, zu entscheiden, ob dieselben wirklich den Charakter unlösbarer Widersprüche an sich tragen, oder ob sie eben nur offene Fragen sind, welche ihrer dereinstigen Lösung entgegenzusehen haben.

Bei den Resultaten, welche wir für die Marsmasse, die Rotationszeit des Merkur, die Axenlage der Venus erhielten und welche von den bisher mehr oder weniger beliebten Annahmen sich etwas entfernen, kann von wirklichen Widersprüchen insofern keine Rede sein, als es allseitig anerkannt ist, dass die bisherigen Annahmen zur Zeit einer streng wissenschaftlichen Begründung noch immer entbehren. Bei Berechnung der Bahngeschwindigkeit der Sonne dagegen sind wir direkt auf eine Unwahrscheinlichkeit gestossen. Wir haben dieselbe zu erklären versucht durch die Voraussetzung, dass der Gleichgewichtszustand zwischen Hemmung und Schwungkraft noch nicht eingetreten ist. Ist diese Erklärung die richtige? Die Wahrscheinlichkeit wird wenigstens nicht geleugnet werden können, wenn auch die endgültige Entscheidung der Frage erst einer fernen Zukunft möglich sein wird. Ist die Entstehung der Planeten aus dem Sonnenkörper das Werk der Axendrehung des letzteren, so muss derselbe wiederholt verschiedene Stadien der Abplattung resp. Massenabschichtung am Aequator durchgemacht haben. Diese Annahme aber führt nothwendig zu der andern, dass die Rotation dieser ungeheuren geballten Masse im Laufe ungezählter Jahrmillionen sich nach und nach hat beschleunigen

müssen. Sollte aber die Beschleunigung gegenwärtig ihr Ziel erreicht haben und der Gleichgewichtszustand eingetreten sein? Dies wäre allerdings möglich, aber es wird nicht behauptet werden können, dass ein triftiger Grund für die Nothwendigkeit dieser Annahme vorliegt. In der That dürfte viel mehr gegen sie sprechen. Es ist eine zu auffallende Thatsache, dass gegenüber der starken Abplattung der beiden grösseren Planeten die Sonne keine Spur einer solchen zeigt. Wenn sich dieser Mangel einer Abplattung nun auch genügend aus dem ungünstigen Verhältniss zwischen Schwere und Rotationsschwung erklärt, so führt er doch eben auf die Voraussetzung, dass bei einer selbst schwachen Bahnbewegung der Rotationsschwung nicht im Einklange stehe mit der Grösse der Masse.

Es wird also auch in Bezug auf die Sonnenrotation nicht von einem Widerspruche, sondern nur von einer noch zu lösenden Frage die Rede sein können.

Dasselbe wird in erhöhtem Maasse von den durch die Theorie verlangten nicht unbeträchtlichen, thatsächlich aber nur geringen Schwankungen in der Dauer des Sterntages gesagt werden müssen.

Fassen wir schliesslich Alles, was unsere Untersuchungen über die Axendrehung der Weltkörper ergeben haben, zusammen, so dürfte das Gesammtresultat folgendes sein:

Die Rotation ist nicht das Werk irgend eines einmaligen, heute nicht mehr wirksamen Impulses, welches nur auf Grund des Beharrungsvermögens so lange fortdauert, bis es einmal im Kampfe mit der nimmer rastenden Attraction zu Grunde geht, sondern sie ist das Ergebniss des Conflikts zweier mit einander bis zum Eintritt eines Gleichgewichts fortringenden, continuirlichen Kräfte und der einmal erreichte Gleichgewichtszustand dokumentirt sich, wenn wir von ganz geringfügigen Schwankungen absehen, als ein nach menschlichen Begriffen für die Ewigkeit bleibender.

Der Forschung erwächst mit der Annahme der in dieser Schrift niedergelegten Theorie der Axendrehung allerdings eine

weitere und nicht eben leichte Aufgabe, aber das neue Gebiet, welches sich hier vor uns entrollt, gewährt die Aussicht auf eine in ihrer Gesammtheit auch noch nicht annähernd zu übersehende, höchst dankbare Ausbeute.

An die Arbeit also!

Nachtrag.

In Bezug auf die einfache Anwendung der Massen und Durchmesser der rotirenden Körper gegenüber den Kuben der Rotationszeiten in der Formel

$$\frac{t^3}{T^3} = \frac{a\,G^2\,M\,r}{A\,g^2\,m\,R}$$

wird vielleicht — und nicht mit Unrecht — der Einwurf einer mangelhaften Begründung erhoben werden können. Es möge daher noch folgende Auseinandersetzung hier Platz finden.

Die Rotationsgeschwindigkeit, die übertragene Bahnbewegung, ist gleich dem Umfange dividirt durch die Zeit. Daraus ergiebt sich:

$$\frac{t}{T} = \frac{G\,r}{g\,R}.$$

Die Schwungkraft wächst mit dem Quadrat der Geschwindigkeit und ist proportional der Masse. Folglich ist gegenüber der Hemmung:

$$\frac{t}{T} = \frac{G^2\,r\,M}{g^2\,R\,m}.$$

Wenn die Bahnbewegung sich auf den anfangs ruhenden Körper übertragen soll, so hat sie einen Widerstand zu überwinden: die Schwere, welche direkt der Masse und umgekehrt dem Quadrat des Halbmessers proportional ist. Die Bewegung überwindet sie nach Maassgabe des Quadrats der Geschwindigkeit, also:

$$\frac{t}{T} = \frac{G^2\,r\,M}{g^2\,R\,m} \cdot \frac{m\,R^2}{M\,r^2} = \frac{G^2\,R}{g^2\,r}.$$

In Bezug auf die Hemmung erhielten wir — bei Annahme gleicher Massen und Durchmesser — die Gleichung:

$$\frac{t^2}{T^2} = \frac{a}{A}.$$

Es wirkt aber der Hemmung entgegen gleichfalls die Schwere an der Oberfläche des rotirenden Weltkörpers. Folglich ist, auch hier Massen und Durchmesser berücksichtigt:

$$\frac{t^2}{T^2} = \frac{a}{A} \cdot \frac{M\,r^2}{m\,R^2}.$$

Diese Gleichung mit der obigen:

$$\frac{t}{T} = \frac{G^2\,R}{g^2\,r}$$

multiplicirt, ergiebt:

$$\frac{t^3}{T^3} = \frac{a\,G^2\,M\,r}{A\,g^2\,m\,R},$$

mithin die einfache Anwendung der Massen und Durchmesser gegenüber den Kuben der Rotationszeiten.

Inhalts-Uebersicht.

Berlin.
Buchdruckerei von Franz Theuerkorn
53. Mauer-Strasse 53.


NAZ
BIBLIOTECA
B.
Mis
NA